

Camila Avozani Zago

**MENSURAÇÃO DOS FATORES QUE INFLUENCIAM O *LEAD*
TIME LOGÍSTICO DE SISTEMAS PRODUTIVOS METAL-
MECÂNICO NA REGIÃO SUL DO BRASIL**

Tese de Doutorado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção da
Universidade Federal de Santa
Catarina para obtenção do Grau de
Doutor em Engenharia de
Produção – Logística e
Transportes.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio
Fernando Mayerle

Florianópolis
2012

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária
da
Universidade Federal de Santa Catarina

Z18m Zago, Camila Avozani
Mensuração dos fatores que influenciam o lead time
logístico de sistemas produtivos metal-mecânico na região sul
do Brasil [tese] / Camila Avozani Zago ; orientador, Sérgio
Fernando Mayerle. - Florianópolis, SC, 2012.
1 v.: il., grafs., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina.
Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia
de Produção.

Inclui referências

1. Engenharia de produção. 2. Logística empresarial. I.
Mayerle, Sérgio Fernando. II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.
III. Título.

CDU 658.5

Camila Avozani Zago

**MENSURAÇÃO DOS FATORES QUE INFLUENCIAM O *LEAD*
TIME LOGÍSTICO DE SISTEMAS PRODUTIVOS METAL-
MECÂNICO NA REGIÃO SUL DO BRASIL**

Esta Tese de Doutorado foi julgada adequada para a obtenção do grau de “Doutor em Engenharia de Produção”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 04 de maio de 2012.

Prof. Antonio Cezar Bornia, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Sérgio Fernando Mayerle, Dr.
Orientador - UFSC

Prof.^a Daniela Brandão
Nascimento, Dr.^a
Examinadora Externa - Eletrosul

Prof.^a Rosana Frujuelle, Dr.^a
Examinadora Externa- UFRRJ

Prof. Enzo Morosini Frazzon, Dr.
UFSC

Prof.^a Mirian Buss Gonçalves, Dr.^a
UFSC

Prof. Antônio Sérgio Coelho, Dr.
UFSC

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que norteia nossos passos e nos impulsiona em direção ao cumprimento de nossos objetivos transcendentais.

À Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC pelo apoio institucional, bem como ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – PPGEp pela possibilidade de aprimorar meus conhecimentos e construir este trabalho. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo incentivo financeiro proporcionado. À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ – Instituto Três Rios pela permissão para a conclusão deste trabalho.

Aos colaboradores da secretaria do PPGEp, em especial à Meri, que me agüentaram durante esses cinco anos pedindo coisas e tirando dúvidas, sempre dispostos a atender e tratando sempre com amizade e carinho.

Aos professores, que fizeram parte dessa trajetória, pelas oportunidades oferecidas, incentivando e encorajando a novos desafios, transmitindo o conhecimento necessário. Em especial, agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Sérgio Fernando Mayerle, pela confiança e orientação, que com paciência, dedicação e incentivo não mediu esforços para a realização deste trabalho.

Aos membros da indústria metal-mecânica pela importante contribuição na realização deste estudo, mostrando-se receptivos e também incentivadores da importância da conclusão deste trabalho. Aos legitimadores que doaram seu tempo para atender às necessidades desta pesquisa.

Aos professores que participaram do exame de qualificação pelas importantes contribuições, direcionamentos e sugestões dados a esta pesquisa. À banca examinadora por aceitar o convite para analisar este trabalho, pela disponibilidade e contribuição para o aprimoramento desta tese.

Aos colegas e amigos conquistados durante o doutorado, nas disciplinas, corredores, laboratórios, viagens de estudo e eventos por compartilharem os momentos de estudo e descontração.

Aos colegas e aos amigos conquistados na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – Instituto Três Rios pelo apoio, cobrança e incentivo nesta etapa crucial do meu trabalho. Aos mais próximos pelo convívio, acolhimento, carinho, compreensão e aconselhamento nos

momentos de dificuldade e por tornarem o ambiente de trabalho e esta transição de minha vida mais alegre e menos penosa.

Aos amigos que compreenderam os momentos de *stress* e ausência, que hoje são ainda mais queridos e amigos. Às amigas que me agüentaram e me abrigaram nestas tantas idas e vindas, me fazendo rir em meio ao desespero, mostrando o significado da verdadeira amizade. Aos não tão amigos, que fizeram com que esse desafio e conquista se tornassem ainda mais grandiosos.

À minha família, que na maioria das vezes criticou sem saber ao certo o significado e a representatividade deste Doutorado, das viagens de estudo, dos congressos e da dedicação ao estudo, e àqueles que sempre me viram como motivo de orgulho.

Com carinho, agradeço à minha mãe, Cleonice, e ao meu irmão, Luiz Henrique, que me apoiaram e incentivaram, estando presentes e atuantes nas dificuldades e incertezas encontradas no decorrer do período. Que souberam entender a distância e a ausência, me agüentando nos momentos de mau humor, intolerância e impaciência com o maior carinho e paciência, sempre encorajando na superação dos meus limites e dificuldades.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, minha eterna gratidão.

RESUMO

ZAGO, C. A. Mensuração dos Fatores que Influenciam o *Lead Time* Logístico de Sistemas Produtivos Metal-Mecânico na Região Sul do Brasil. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção – Logística e Transportes) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

Este estudo busca identificar e quantificar os fatores que na prática são determinantes e influenciam de modo significativo o *lead time* logístico de sistemas de produção do setor metal-mecânico na região Sul do Brasil. Para fins deste estudo considerou-se o *lead time* logístico, que compreende desde a colocação do pedido até a entrega do produto ao cliente. A pesquisa de campo foi realizada a partir do referencial teórico, sendo que os fatores que influenciam no *lead time* foram estruturados de forma hierárquica, quantificados por meio de um modelo de regressão e legitimados por um grupo de especialistas e gestores. Como resultado deste estudo, verificou-se como fatores mais significativos: (i) o uso de ferramentas para planejamento, sejam elas computacionais ou manuais; (ii) a redução do tempo de entrega dos materiais críticos; (iii) e a eliminação de retrabalho. Tais fatores tiveram sua contribuição na composição do *lead time* logístico determinada por meio de métodos estatísticos.

Palavras-chave: *Lead time*; Logística; Análise de regressão.

ABSTRACT

ZAGO, C. A. **Mensuração dos Fatores que Influenciam o *Lead Time* Logístico de Sistemas Produtivos Metal-Mecânico na Região Sul do Brasil.** 2012. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção – Logística e Transportes) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

This study seeks to identify and quantify logistic factors that in practice are decisive and significantly influence lead time of production systems in the metal mechanics sector in Southern Region Brazil. For the purpose of this study, logistic lead time was considered, comprising time from order to delivery to client. Field research was performed from theoretical background, where factors influencing lead time were structured in a hierarchy manner, quantified by means of a regression model and legitimated by a group of specialists and managers. As a result of this study, the main factors identified were the following: (i) the use of planning tools, either computerized or manual; (ii) reduction of delivery time of critical materials; (iii) elimination of rework. These factors contributed in the composition of lead time determined by statistical methods.

Key-words: Lead Time; Logistic; Regression Analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de processos com base no tempo.....	42
Figura 2 - <i>Lead time</i> entre os processos.....	43
Figura 3 - Componentes do <i>lead time</i> logístico.	50
Figura 4 - Composição do <i>lead time</i> produtivo.....	53
Figura 5 - Empurrar e puxar a produção.....	54
Figura 6 - Diagrama de resultados.....	64
Figura 7 - <i>Gap</i> do <i>lead time</i>	66
Figura 8 - Fases do desenvolvimento da pesquisa.	72
Figura 9 - Fase de estruturação.....	73
Figura 10 – Fase de regressão.....	75
Figura 11 – Fase de legitimação.	76
Figura 12 – Pontos correspondentes a observações do modelo de regressão linear simples.....	81
Figura 13 – (a) Distribuição de \mathcal{E} ; (b) distribuição de Y para diferentes valores de \mathcal{X}	83
Figura 14 – Gráfico de dispersão em S_{xy}	88
Figura 15 – Sentido e força da correlação em função do valor de r	89
Figura 16 - Estrutura hierárquica dos fatores que influenciam o <i>lead time</i> logístico.....	110

LISTA DE QUADROS

Quadro 1– Classificação da indústria metal-mecânica.	29
Quadro 2– Produção física da indústria, por categoria de uso – taxas reais de crescimento (%).....	32
Quadro 3- Diferenças conceituais.....	45
Quadro 4 - Síntese da conceituação de <i>lead time</i>	47
Quadro 5 - Tempos inerentes ao <i>lead time</i>	60
Quadro 6 – Características metodológicas da pesquisa.	70
Quadro 7– Variáveis independentes utilizadas no modelo de regressão múltipla	113
Quadro 8 – Correlação entre as variáveis	117
Quadro 9 – Análise descritiva.....	120
Quadro 10 – Resultados da análise de regressão	121
Quadro 11 – Coeficientes do modelo de regressão	123
Quadro 12 - Correlações existentes com as variáveis do modelo	131

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 -	Questionários respondidos por Estado.....	112
Gráfico 2 -	Resíduos <i>versus</i> valores estimados.....	125
Gráfico 3 -	Resultado do Processo de Legitimação.....	139

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Regras práticas sobre o valor do coeficiente de correlação	115
Tabela 2 – Correlação entre as variáveis utilizadas no modelo	130

LISTA DE SIGLAS

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CD – Centro de Distribuição

CEP – Controle Estatístico do Processo

DL – Tempo de Distribuição

ECR - *Efficient Consumer Response* - Resposta Eficiente ao Consumidor

EDI - *Electronic Data Interchange* – Intercâmbio Eletrônico de Dados

ERP - *Enterprise Resource Planning* – Planejamento das Necessidades de Recursos

FIESC – Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina

FIFO – *First in, First out* – Primeiro que entra, último que sai

I(t) - Inventário Instantâneo

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INP - Total de trabalho admitido durante o período *P*

JIT – *Just-in-time*

LIFO – *Last in, first out* – Último que entra, primeiro que sai

LT_i - *Lead time*

MP – Matéria-prima

MPS – *Master Program Schedule* – Plano Mestre de Produção

MRP - *Material Requiriments Planning* – Planejamento das Requisições de Material

MTE – Ministério do Trabalho e Emprego

NQA – Nível de Qualidade Aceitável

OC – Ordem de Compra

OF – Ordem de Fabricação

OM – Ordem de Material

OUT - Total de Trabalho Concluído durante o Período *P*

P - Período de Tempo

PA – Produto Acabado

PCP – Planejamento e Controle da Produção

PERT – *Program Evaluation and Review Technique* – Técnica de Avaliação e Revisão do Programa

PIB – Produto Interno Bruto

PL ou *Tempo – P* – Tempo de Produção

PMP – Plano Mestre de Produção

PS_i - Tempo para Solução de Eventuais Problemas

Q_i - Tempo de Fila

R_i - Tempo de Execução das Tarefas

SINMETAL - Sindicato das Indústrias Metalúrgicas, Mecânicas e de Material Elétrico e Eletrônico do Rio Grande do Sul

SKU – *Stock Keeping Units* – Unidades Mantidas em Estoque

SL - Tempo de Suprimento

SPSS – *Statistical Package for Windows*

SQE – Soma de Quadrados dos Erros da Regressão

SQR – Soma dos Quadrados da Regressão

SQT – Soma de Quadrados Total

SU_i - Tempo de Instalação

SY_i - Tempo de Sincronização entre as Fases dos Processos

TBC – *Time-based competition* - Competição Baseada no Tempo

Tempo-D – Tempo de Demanda

$TL(t)$ - *Lead time* ou Tempo de Atravessamento Instantâneo

VIF = Fator de Inflação da Variância

VMI - *Vendor Managed Inventory* - Estoque Gerenciado pelo Fornecedor

WIP = Material em Processo

WTM_i - Tempo de Espera para Movimentação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	27
1.1 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA PRODUTIVO METAL-MECÂNICO.....	28
1.2 JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA DO SETOR METAL-MECÂNICO E REGIÃO SUL.....	30
1.3 PROBLEMÁTICA E OBJETIVOS DO TRABALHO.....	33
1.3.1 Objetivo Geral.....	33
1.3.2 Objetivos Específicos.....	34
1.4 HIPÓTESES.....	34
1.5 RELEVÂNCIA DO TEMA.....	35
1.6 LIMITAÇÕES DO ESTUDO.....	38
1.7 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	39
2 LEAD TIME.....	41
2.1 CONCEITOS DE <i>LEAD TIME</i>	42
2.2 COMPONENTES DO <i>LEAD TIME</i>	48
2.2.1 Tempos de Espera.....	53
2.2.1.1 Tempo de Programação da Produção.....	53
2.2.1.2 Tempo de Espera na Fila.....	55
2.2.1.3 Tempo de Espera no Lote.....	57
2.2.2 Tempos de Processamento.....	57
2.2.3 Tempos de Inspeção.....	58
2.2.4 Tempos de Transporte.....	59
2.3 MEDIÇÃO DO <i>LEAD TIME</i>	60
2.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO.....	66
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	67
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	67
3.2 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA.....	71
3.2.1 Visão Geral da Metodologia.....	71
3.2.2 Fase de Estruturação.....	72
3.2.3 Fase de Regressão.....	74
3.2.4 Fase de Legitimação.....	75

3.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO.....	76
4 FERRAMENTAL ESTATÍSTICO.....	79
4.1 REGRESSÃO LINEAR SIMPLES.....	80
4.1.1 Coeficiente de Determinação (r^2).....	86
4.1.2 Coeficiente de Correlação (r).....	87
4.1.3 Coeficiente Angular β_1 e Teste de Utilidade do Modelo....	89
4.2 REGRESSÃO MÚLTIPLA.....	92
4.2.1 Modelos com Previsores para Variáveis Categóricas.....	94
4.2.2 Coeficiente de Determinação Ajustado (r_a^2).....	95
4.2.3 Teste de Utilidade dos Modelos de Regressão Múltipla.....	95
4.2.4 Seleção de Variáveis.....	98
4.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO.....	99
5 FATORES QUE INFLUENCIAM O <i>LEAD TIME</i> LOGÍSTICO DA INDÚSTRIA METAL-MECÂNICA DA REGIÃO SUL DO BRASIL.....	101
5.1 FATORES CONSIDERADOS NA MODELAGEM.....	101
5.1.1 Fatores Comerciais e de Planejamento.....	102
5.1.2 Fatores Relacionados com os Materiais.....	103
5.1.3 Fatores de Fabricação e Montagem.....	105
5.1.4 Fatores da Distribuição e Entrega.....	108
5.2 ELABORAÇÃO E APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO.....	111
5.3 TABULAÇÃO DAS RESPOSTAS.....	112
5.4 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO.....	115
5.5 ANÁLISE DE REGRESSÃO.....	119
5.5.1 Modelo para Estimação dos Fatores que Influenciam o <i>Lead Time</i> Logístico de Sistemas de Produção Metal-Mecânico.....	125
5.5.1.1 Sistema de Planejamento da Demanda – Sistemas Corporativos (X_6).....	126
5.5.1.2 Sequenciamento da Produção – Manual (X_{13}).....	127
5.5.1.3 Plano de Tratamento de Exceções (X_{20}).....	128

5.5.1.4 Prazo de Entrega dos Materiais Críticos (X_{21}).....	129
5.5.1.5 Percentual de Retrabalho (X_{24}).....	129
5.5.2 Correlação entre as Variáveis Utilizadas.....	130
5.6 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO.....	132
6 LEGITIMAÇÃO.....	135
6.1 LEGITIMAÇÃO DOS RESULTADOS POR PARTE DOS ESPECIALISTAS.....	136
6.2 LEGITIMAÇÃO DOS RESULTADOS POR PARTE DOS GESTORES DOS SISTEMAS PRODUTIVOS.....	139
6.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO.....	143
7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	145
7.1 CONCLUSÕES.....	145
7.2 RECOMENDAÇÕES.....	147
REFERÊNCIAS.....	149
APÊNDICE.....	159
APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS... 160	160
APÊNDICE B – DADOS DA PESQUISA..... 164	164
APÊNDICE C – DADOS TRANSFORMADOS..... 165	165
APÊNDICE D – LAUDO DE LEGITIMAÇÃO..... 166	166
APÊNDICE E – LAUDOS DE LEGITIMAÇÃO DOS RESULTADOS POR PARTE DOS ESPECIALISTAS..... 172	172
APÊNDICE F – LAUDOS DE LEGITIMAÇÃO DOS RESULTADOS POR PARTE DOS GESTORES..... 179	179
ANEXOS..... 207	207
ANEXO A – CARACTERIZAÇÃO DOS ESPECIALISTAS..... 208	208

1 INTRODUÇÃO

A integração crescente entre os países estimula a interação dos mesmos junto aos diversos segmentos: sociais, culturais, econômicos ou tecnológicos, sendo concebida com evidência ascendente nos setores público e privado. A competitividade é marcada pela constante evolução, cujas forças mutativas voltam seu foco ao cliente, como direcionador da eficiência e da produtividade, o qual objetiva possuir os produtos e serviços que necessita imediatamente, impactando na forma de reação por parte das empresas.

Porter (1997) salienta que as transformações no ambiente de negócios estão ocorrendo em velocidades cada vez maiores, sendo impulsionadas pelo aumento da oferta de bens e serviços, pela competitividade, pelo advento da tecnologia de informação e da internacionalização. Intensificou-se a necessidade de reorganização dos modos de gestão empresarial, a fim de compatibilizar padrões internacionais de qualidade e produtividade entre as organizações.

Handfield e Nichols Jr. (2002) afirmam que, para obter sucesso na chamada ‘nova economia’, as empresas devem direcionar suas necessidades para novos sistemas de informação e gestão, sendo que estes provêm uma vantagem distinta e promovem um fluxo de informações instantâneo das cadeias de suprimentos. Novos desafios passaram a ser objeto de discussões gerenciais, entre os quais se destacam (KILGORE; ORLOV; CHILD, 2002; VOLTOLINI, 2010): (i) a proliferação de SKU’s (*Stock Keeping Units* – unidades mantidas em estoque); (ii) aumento da dependência de fornecedores terceirizados; (iii) redução do ciclo de vida dos produtos; (iv) horizontalização das estruturas organizacionais; (v) crescente necessidade da redução dos tempos de resposta ao cliente como um fator competitivo.

Com o ciclo de vida dos produtos cada vez menor, as empresas têm que ser mais ágeis nos seus processos para atender ao mercado. Para Bartezzaghi, Spina e Verganti (1994) nos últimos anos, o tempo surgiu como uma característica dominante na competição, tornando o conceito de *lead time* fundamental, por duas razões: (i) age como *trade-off* na cadeia de abastecimento; e (ii) mede a perda de oportunidade com a evolução dos mercados.

Christopher (2008) afirma que o *lead time* necessário para o reabastecimento do mercado vai determinar a capacidade da empresa explorar a demanda durante o ciclo de vida dos seus produtos. A maior amplitude do *lead time* torna a previsão e o gerenciamento da demanda menos precisos, podendo haver falhas e rupturas no sistema, uma vez

que “o erro de previsão aumenta à medida que se alonga o *lead time*” (CHRISTOPHER, 2008, p. 150).

Charney (1991) e Liulci, Luohua e Tang Xiao-Wo (2006) afirmam que as necessidades e enfoques relacionados ao tempo serão o foco estratégico atual ou no mínimo da próxima década, visto que há uma proliferação do mercado e dos serviços enfocando a rapidez e agilidade. Fry, Karwan e Steele (1991); Bartezzaghi, Spina e Verganti (1994); Ballard, Harper e Zabelle (2003) e Nishida (2006) salientam que o tempo desde a concepção do produto até a sua entrega consiste em um dos fatores mais importantes para garantir a competitividade de uma empresa, aumentar sua produtividade e ampliar seu espaço no mercado.

Empresas cuja competitividade está centrada no tempo enfatizam cada vez mais *lead times* curtos como objetivo estratégico, visto que isso significa melhor capacidade de responder às necessidades dos clientes, menor necessidade de trabalho em processo e estoques de produtos acabados e maior e melhor controle de qualidade (FRY, KARWAN; STEELE, 1991).

O *lead time* possui, ainda, influência significativa na gestão da cadeia de suprimentos, visto que quanto menor o *lead time*, menor é o nível de inventário e a probabilidade de rupturas no estoque, acarretando uma redução nos custos (WANG, LIU, ZHENG; QUAN, 2008; WANG, WANG; ZHONGBIN, 2009).

Devido a esses fatos, as empresas ao identificar os fatores que influenciam o seu *lead time*, conseguem reduzi-lo e obter vantagem competitiva sustentada no mercado. No setor metal-mecânico, foco deste estudo, não é diferente.

1.1 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA PRODUTIVO METAL-MECÂNICO

O sistema produtivo metal-mecânico engloba uma heterogeneidade de empresas e atividades, compreendendo a organização econômica e produtiva de diversas áreas. Existem várias classificações acerca da composição do sistema produtivo metal-mecânico brasileiro. O IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) analisa esse segmento por categorias de uso dos bens produzidos, agrupando as empresas nos seguintes subsetores: (i) indústria metalúrgica; (ii) indústria mecânica; e (iii) indústria de material elétrico e de comunicação. A FIESC (Federação das Indústrias de Santa Catarina) acrescenta mais uma categoria à classificação do IBGE, denominada de indústria de material de transporte, sendo que

cada um desses itens subdivide-se em diversas outras atividades e segmentos, os quais podem ser verificados no Quadro 1.

Quadro 1– Classificação da indústria metal-mecânica.

SETORES	PRINCIPAIS PRODUTOS
Metalúrgico	Siderurgia e elaboração de produtos siderúrgicos
	Produção de laminados, aços especiais e ferro ligas
	Produção de fundidos de ferro e aço
	Fabricação de artefatos trefilados de ferro e aço e de metais não ferrosos
	Serralherias, fabricação de tanques
	Cutalaria, artefatos para escritório, uso pessoal e doméstico
Mecânico	Fabricação de máquinas e equipamentos hidráulicos, aerotécnicos e técnicos
	Fabricação de máquinas e aparelhos para agricultura
	Fabricação de máquinas e equipamentos diversos
	Fabricação de máquinas e aparelhos para uso doméstico
	Fabricação e montagem de tratores e máquinas de terraplanagem
	Serviço industrial de usinagem, solda e reparação e manutenção de máquinas
	Reparação e manutenção de máquinas
Material Elétrico e de Comunicações	Maquinaria elétrica: motores, geradores, conversores e transformadores
	Aparelhos de comunicações: centrais telefônicas, transmissores, antenas de TV, parabólicas
	Aparelhos eletrodomésticos: lavadoras/secadoras
	Eletrônico domésticos: televisores, antenas
	Autopeças elétricas: bobinas, dínamos e motores de partida
Material de Transporte	Fabricação e montagem de veículos, inclusive peças
	Fabricação de peças e acessórios
	Fabricação de cabines e carrocerias, inclusive peças
	Fabricação de bicicletas, motocicletas e motociclos
	Fabricação, montagem e reparação de aviões

Fonte: Adaptado de FIESC (1999).

A indústria metalúrgica caracteriza-se pela produção de bens intermediários, como insumos e/ou componentes a serem fornecidos para outras indústrias. A indústria mecânica, principal produtora de bens

de capital, caracteriza-se pela fabricação de máquinas e equipamentos destinados aos demais setores industriais. Esta detém importância estratégica para o desenvolvimento econômico, tendo em vista que atua na geração e difusão de novas tecnologias para os demais setores industriais.

O setor de material elétrico e de comunicações sustenta os demais segmentos produtores, tanto de uso industrial quanto de utilidade doméstica, tendo em vista que a maioria desses bens é considerada produto acabado, cuja principal característica é a durabilidade. Por fim, o setor de material de transporte, o qual está relacionado com o segmento mecânico, já que se dedica à indústria automotiva.

1.2 JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA DO SETOR METAL-MECÂNICO E REGIÃO SUL

De acordo com Sebrae/SC (2010), o setor metal-mecânico e eletroeletrônico possui uma posição estratégica na configuração industrial da atualidade, proveniente do crescimento econômico e da atuação na geração e difusão de novas tecnologias para os outros segmentos industriais. A indústria brasileira apresentou um crescimento econômico após o esgotamento dos sistemas agroindustriais. De acordo com Cruz e Vermulm (1993) e Floriano (2001), no período de 1940 a 1980, o crescimento industrial brasileiro foi sustentado pela evolução registrada nos setores metal-mecânico e químico/petroquímico.

Os anos 70 foram marcados pelo processo de expansão e implantação de um novo padrão de industrialização no país, resultando em um crescimento econômico acelerado proveniente da substituição das importações pela expansão e desenvolvimento dos parques industriais nacionais. No entanto, ao fim da década de 80, o sistema produtivo metal-mecânico brasileiro entrou em declínio devido ao atraso tecnológico em relação a outros segmentos e países, assim como devido à crise econômica e à abertura comercial.

Para Ansoff, Declerck e Hayes (1990); Lopes Filho (2000) e Zago (2007), enquanto os anos 80 foram marcados por recessão e por uma crise mundial acentuada, a década de 90 foi marcada pelos saltos de produtividade proveniente da reorganização dos modos de produção e gestão, baseados na eficiência associada à escala de produção, redução de custos e qualidade.

A indústria configura-se de forma a otimizar o desempenho e a capacitação das negociações. A reestruturação industrial, advinda da revolução tecnológica, trouxe benefícios no tocante ao aprimoramento

nas relações cliente-fornecedor, proporcionando o aperfeiçoamento dos métodos de previsão e gerenciamento da demanda, configurando novas fontes de vantagem competitiva para o setor.

No sistema produtivo metal-mecânico não foi diferente. Nos anos 90 verificou-se um aumento no nível de atividade proveniente do intenso processo de racionalização e modernização da estrutura produtiva e organizacional, bem como de investimentos na modernização dos equipamentos, na busca pela redução de custos e de mão-de-obra (FLORIANO, 2001; STALLIVIERI, 2004).

Além disso, houve um aumento da participação estrangeira no controle das empresas brasileiras, em especial no segmento de bens de capital (BATSCHAUER, 2004). O aumento dos investimentos estrangeiros associado à racionalização e modernização da produção proporcionou a adoção de estratégias inovadoras e especializadas no processo produtivo e comercial, bem como maior automação nos processos, visando garantir a competitividade, entregando produtos em conformidade com as especificações técnicas e com prazos de entrega reduzidos (LAPLANE; SARTI, 1999; STALLIVIERI, 2004).

As mudanças no mercado fizeram com que os sistemas produtivos se adequassem para atender seus clientes, buscando aprimoramento em tecnologia e novas formas de desenvolver o processo produtivo com maior rentabilidade e menor desperdício. Essa reestruturação produtiva consistiu em uma alternativa para o complexo metal-mecânico manter-se competitivo por meio da redução de custos e de mão-de-obra, da desverticalização da produção, da terceirização de atividades complementares e da redução da diversificação da linha de produtos.

Em países eminentemente industrializados, os produtos industrializados correspondem a cerca de 30% do PIB (Produto Interno Bruto), sendo que deste montante aproximadamente 40% é relativo à produção em lotes, que em sua maioria são pequenos ou médios (STEVAN, 1999; CECCONELLO, 2002). No Brasil, o PIB vem crescendo substancialmente no decorrer das últimas décadas, sendo que o setor metal-mecânico e eletroeletrônico foi responsável por uma parcela significativa neste desenvolvimento.

No entanto, o setor metal-mecânico apresentou um desempenho desfavorável em 2009, como reflexo da crise econômica mundial iniciada em 2008 (SEBRAE/SC, 2010; IBGE, 2011), conforme expõe o Quadro 2. De acordo com Sebrae/SC (2010), parte deste resultado pode ser atribuído à redução dos investimentos por parte dos agentes econômicos no setor de bens de capital, sendo que essa redução na

demanda se deu tanto no mercado externo quanto no mercado interno, retomando o crescimento em 2010.

Quadro 2– Produção física da indústria, por categoria de uso – taxas reais de crescimento (%)

Discriminação	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Bens de Capital	1,9	19,4	4,2	5,7	19,0	14,3	- 17,5	21,1
Bens Intermediários	2,0	7,1	1,3	2,1	4,7	1,3	-8,5	11,4
Bens de Consumo	-2,6	7,1	6,3	3,4	4,5	1,8	-2,6	6,4
Duráveis	3,1	21,4	12,3	5,8	8,6	3,1	-6,0	10,7
Semid e Não-Duráveis	-3,9	3,7	5,0	2,5	3,3	1,2	-1,5	5,4

Fonte: IBGE (2011, p. 36).

Este estudo foi realizado junto aos sistemas produtivos metal-mecânico da região sul do Brasil (Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná). Com o passar do tempo, os sistemas produtivos estudados se reorganizaram econômica e geograficamente, havendo uma tendência à integração regional, a processos de aquisições e fusões e à implantação de plantas e aglomerados industriais, facilitando o acesso aos mercados internacionais.

O complexo metal-mecânico no Paraná possui uma estrutura produtiva concentrada na capital e na região metropolitana. Conforme o MTE (Ministério do Trabalho e Emprego), no período entre 2000 e 2009, o número de indústrias do setor metal-mecânico paranaense cresceu 78,5%, passando de 3.400 mil para 6.069 mil estabelecimentos, crescimento esse que está atrelado à industrialização fora da região sudeste brasileira (MILLÊO, 2011).

Em Santa Catarina, o setor metal-mecânico possui uma estrutura produtiva diversificada e concentrada em determinados espaços do território, sendo que, de acordo com dados do MTE, em 2008, este setor era responsável por cerca de 99 mil empregos, o que em 2009 representou o equivalente a 24,4% das exportações do estado (SEBRAE/SC, 2010; MINUZZI, 2011).

A indústria metal-mecânica e eletroeletrônica do Rio Grande do Sul concentra-se em algumas regiões do Estado, sendo que esse setor fechou o ano de 2010 com crescimento de 19% em sua produção,

comparada ao ano anterior. De acordo com o SINMETAL (Sindicato das Indústrias Metalúrgicas, Mecânicas e de Material Elétrico e Eletrônico do Rio Grande do Sul), esse crescimento representou o dobro da média da indústria do Estado. Além disso, o PIB do setor superou os R\$ 19 bilhões, o que representa uma expansão de 22,5%, gerando 212,1 mil empregos. Parte da recuperação do crescimento do setor deve-se às exportações, que cresceram 31,1%, somando US\$ 2,760 bilhões de dólares, além do aumento de 40,7% nas importações, que totalizaram US\$ 4,720 bilhões, com forte influência do segmento de veículos (HUNOFF, 2011).

No que diz respeito à indústria de transformação, em termos do valor da transformação industrial, para unidades industriais com cinco ou mais pessoas ocupadas nessa indústria, o Paraná encontra-se na terceira posição do *ranking* enquanto o Rio Grande do Sul está em quinto e Santa Catarina em sétimo, comparando-se com as demais unidades da federação (FIEP, 2010).

Pode-se afirmar que, com o restabelecimento das indústrias após a crise mundial que afetou a linha branca e o setor automotivo, os sistemas produtivos metal-mecânico apresentam um crescimento, constituindo-se em um dos mais importantes do país. Contudo, o setor está constantemente se aprimorando e buscando o desenvolvimento de novas técnicas, para competir, tanto no mercado nacional quanto internacional.

1.3 PROBLEMÁTICA E OBJETIVOS DO TRABALHO

Esta tese visa explorar temas recentes e bastante discutidos, discorrendo sobre os fatores que influenciam o *lead time* logístico dos sistemas de produção. Face ao exposto, pretende-se responder à seguinte questão: *Existem fatores que, na prática, determinam de modo significativo o lead time logístico dos sistemas de produção metal-mecânico?*

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste estudo é identificar e quantificar¹ os fatores que na prática são determinantes e influenciam de modo significativo o

¹ O termo *quantificar*, neste contexto, está sendo usado com o significado de determinar o peso ou importância de cada fator identificado na composição do *lead time*.

lead time logístico de sistemas de produção do setor metal-mecânico na Região Sul do Brasil.

1.3.2 Objetivos Específicos

Com o propósito de elucidar e atender o objetivo geral proposto nesta tese desmembrou-se o mesmo nos seguintes objetivos específicos:

1. Verificar na literatura os fatores que são citados como componentes do *lead time*;
2. Elaborar uma estrutura hierárquica com os possíveis fatores que influenciam o *lead time* logístico dos sistemas de produção metal-mecânico;
3. Mensurar os fatores que influenciam no *lead time*;
4. Analisar quais os fatores que tem maior influência no *lead time* logístico dos sistemas de produção;
5. Validar ou legitimar os resultados encontrados.

1.4 HIPÓTESES

Ao formular uma hipótese criam-se suposições acerca de premissas norteadoras da pesquisa, uma vez que a(s) hipótese(s) orienta(m) o planejamento dos procedimentos metodológicos fundamentais para a execução da pesquisa (PACHECO JÚNIOR, PEREIRA e PEREIRA, 2007).

Conforme Kerliger (1979, p. 39), “[...] as hipóteses são uma ferramenta poderosa para o avanço do conhecimento porque, embora formuladas pelo homem, podem ser testadas e mostradas como provavelmente corretas ou incorretas à parte dos valores e crenças do homem”. Este autor destaca que as hipóteses para serem cientificamente úteis, precisam ser testáveis ou no mínimo, conter implicações para teste. Uma hipótese não-testável não tem utilidade científica.

Dessa forma, para responder aos objetivos específicos estabelecidos neste trabalho, foi elaborada a seguinte hipótese a ser testada: Os fatores existentes na literatura não são, na prática, igualmente significativos para a determinação do *lead time* logístico na indústria metal-mecânica.

1.5 RELEVÂNCIA DO TEMA

Com a globalização da economia, os avanços tecnológicos e o aumento da complexidade nas transações, as empresas têm adotado ferramentas gerenciais que possibilitem, às mesmas, aumentar a competitividade. Essas ferramentas consistem, não só em um diferencial competitivo, mas em uma forma de sobrevivência, uma vez que permitem maior flexibilidade e adaptabilidade à volatilidade ambiental.

As empresas, na atualidade, têm que ser ágeis, adaptáveis, alinhadas e flexíveis (CARBONE, 1995; LEE, 2004), principalmente no que diz respeito ao prazo de entrega dos produtos e serviços. Além disso, o ciclo de vida dos produtos encontra-se cada vez menor, principalmente de produtos que demandam alta tecnologia e alto valor agregado. Os clientes estão cada vez menos dispostos a esperar longos períodos de tempo pela satisfação das suas necessidades e desejos, devendo as empresas se adaptarem à essa nova realidade para continuar competindo.

O tempo torna-se um recurso competitivo estratégico no momento em que cada vez mais os consumidores estão sensíveis a ele e tendem a trocar o fornecedor pelo *trade-off lead time*/preço nas operações na cadeia de suprimentos, fazendo com que o tempo torne-se uma poderosa ferramenta competitiva (LEI, RONG-QIU; LI, 2007; SHEN; ZHANG, 2009).

Chhajed e Kim (1995) afirmam que a busca pela redução do *lead time* está crescendo em todos os setores da economia, aliada ao número de empresas que possuem no tempo um critério fundamental para alavancar sua competitividade no mercado. Para Bowersox, Closs e Cooper (2006, p. 136) “as empresas que comprimem o prazo de entrega e controlam ou eliminam variâncias inesperadas no desempenho, mostram maior flexibilidade para atender às exigências de clientes, ao mesmo tempo em que desfrutam de uma produção de baixo custo”.

Pode-se dizer que a medição e o controle do *lead time* em cadeias produtivas e logísticas podem ser úteis ao traçar as estratégias de manufatura para empresas inseridas em uma TBC (*Time-Based Competition* – Competição Baseada no Tempo) (STALK e HOUT, 1990; SHEN e ZHANG, 2009). Para Stalk e Hout (1990), a TBC vai além de atender às datas acordadas entre fornecedores e clientes, uma vez que visa o gerenciamento do tempo considerando-o um recurso produtivo limitado, possibilitando identificar e reduzir as atividades de longa duração.

Entretanto, para medir, controlar e reduzir o *lead time* as empresas precisam identificar e conhecer quais os fatores que interferem no aumento do mesmo, bem como a importância de cada fator no desenvolvimento de suas atividades. A partir disso é possível traçar diretrizes de planejamento no intuito de otimizar as operações, possibilitando o fluxo contínuo de informações e materiais ao longo da cadeia de suprimentos.

As empresas que conseguem reduzir o seu *lead time* podem aumentar sua vantagem competitiva sustentada no mercado, por meio da otimização de suas atividades, satisfazendo o cliente através da entrega dos produtos ou serviços no momento correto, ao menor custo possível e nas condições pré-determinadas. Em alguns setores, as empresas que obtêm sucesso na otimização dos seus tempos, ocasionam uma maior movimentação econômica, uma vez que os seus estoques giram mais rapidamente, aumentando o volume de transações no mercado.

Chhajed e Kim (1995) procuram identificar os benefícios advindos da redução do *lead time* e dos tempos de ciclo. Os autores expõem que é possível reduzir o nível de estoques em processo, o custo da mão-de-obra e melhorar consideravelmente a qualidade dos produtos e serviços. Ressaltam, também, a capacidade das empresas em aumentar sua participação no mercado através da melhoria no tempo de entrega dos produtos e serviços.

Essa perspectiva é reforçada pelos resultados provenientes de uma pesquisa desenvolvida pela Universidade de Illinois, a qual levantou dados que comprovam a importância do *lead time* como fator de diferenciação competitiva nas empresas contemporâneas (CHHAJED e KIM, 1995), sendo que essa importância se reflete em muitas das decisões tomadas pelos executivos responsáveis pelas compras. Através dessa pesquisa foi possível constatar, entre os entrevistados, que cerca de 77% trocou de fornecedor nos últimos doze meses devido à insatisfação com os *lead times* das entregas e que quase 91% desenvolveu novos fornecedores em busca de um melhor desempenho na mesma.

Além disso, questionamentos provenientes de situações hipotéticas revelaram que (CHHAJED e KIM, 1995):

- 58% das empresas trocaria de fornecedor, caso aparecesse outro fornecedor oferecendo o mesmo insumo ao mesmo preço e com tempo de entrega reduzido à metade;

- 64% das empresas provavelmente trocaria de fornecedor se o atual aumentasse o *lead time* em 50%, entretanto, esse percentual é reduzido para 8,5% se o atual fornecedor aumentasse o seu *lead time* em 20%;
- somente 4,3% das empresas trocaria de fornecedor se outro disponibilizasse o mesmo insumo com o *lead time* 20% inferior ao atual.

As empresas são mais sensíveis a grandes reduções ou aumentos no *lead time*, enquanto os benefícios advindos de pequenas melhoras no *lead time* não são tão significativos. Grandes *lead times*, além de elevar os custos das empresas, podem tirá-las do mercado, sendo que, conforme Chhajer e Kim (1995), *lead time* e preço estão igualados em nível de importância nos critérios que afetam o desempenho das empresas, estando atrás do quesito qualidade. Para Shen e Zhang (2009), a coordenação na cadeia de abastecimento não só pode reduzir o *lead time* como também aumentar o lucro da cadeia e a competitividade do mercado.

Com o intuito de reduzir o *lead time* os clientes devem estabelecer um relacionamento mais próximo dos fornecedores, a fim de aumentar a confiabilidade nas informações que circulam ao longo da cadeia de suprimentos, melhorando a acurácia nas previsões da demanda (CARBONE, 1995). De acordo com o mesmo autor, isso é possível através do envolvimento entre a empresa e seus fornecedores, desde o desenvolvimento de produtos em parceria, até a avaliação e auto-avaliação dos fornecedores, criando um vínculo e um comprometimento dos elos da cadeia de suprimentos por longos períodos de fornecimento, centrados na colaboração, cooperação e coordenação.

A partir da proximidade ao fornecedor é possível (i) eliminar a tomada de preços; (ii) antecipar e envolver o fornecedor no projeto de desenvolvimento de novos produtos; (iii) estabelecer um planejamento conjunto, garantindo o fornecimento, a redução dos custos e o pagamento da mercadoria fornecida e (iv) auxiliar os fornecedores na implementação de melhorias necessárias para atender às suas necessidades (CARBONE, 1995). Com isso as empresas conseguem reduzir os *lead times* não só individualmente, mas da cadeia de suprimentos como um todo.

Harrison e Hoek (2003) afirmam que, com a identificação dos fatores que afetam o *lead time*, é possível reduzir as lacunas no tempo de investida. Dessa forma, busca-se uma sincronia entre o *tempo – P* (tempo de produção) e o *tempo – D* (tempo de demanda), sendo que

quando $\text{tempo} - P > \text{tempo} - D$, resulta em uma lacuna no tempo de investida. A redução das lacunas no tempo de investida possibilita a redução do *lead time* e o melhor e mais ágil atendimento ao cliente.

É possível reduzir as lacunas no tempo de investida por meio de um planejamento eficaz e de sistemas de informação compatíveis e condizentes com as atividades da empresa. Por meio de *softwares* e sistemas corporativos como ERP (*Enterprise Resource Planning* – Planejamento das Necessidades de Recursos) e EDI (*Electronic Data Interchange* – Intercâmbio Eletrônico de Dados) é possível interligar a cadeia de suprimentos em tempo real, facilitando o fluxo contínuo de informações. Isso pode proporcionar um ganho para as empresas em termos de agilidade e redução de custos.

Justifica-se, este estudo, como ferramenta estratégica e gerencial para buscar identificar, na prática, quais os fatores possuem maior significância na determinação do *lead time* logístico dos sistemas de produção, a fim de que esses possam traçar estratégias para reduzi-lo. A relevância está na contribuição para a construção e entendimento dos fatores que influenciam o *lead time* logístico de sistemas produtivos, bem como a sua mensuração, visto que a literatura existente carece de metodologias que possibilitam conhecer e quantificar os fatores logísticos que mais influenciam o *lead time*. Além disso, o estudo busca a facilidade e a viabilidade da implementação, sendo de fácil aplicabilidade ao dia-a-dia das empresas.

Com o intuito de reforçar e certificar-se da condição de tema original, inédito, relevante e não trivial foram efetuadas pesquisas nas principais bases de dados nacionais e internacionais. Para isso, consultou-se as bases de dados e periódicos, especialmente os vinculados a Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior).

1.6 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Mesmo com a utilização de procedimentos metodológicos adequados, salientam-se algumas limitações em relação ao estudo. A primeira limitação encontrada diz respeito ao fato de fatores relacionados com a produção do produto, como tipo de operação, complexidade e especificações técnicas do produto e qualidade, assim como a engenharia e projeto de produto, em especial, no atendimento a projetos específicos, não terem sido considerados como fatores que

influenciam o *lead time* logístico do sistema produtivo metal-mecânico, para fins deste estudo.

A segunda limitação refere-se ao setor estudado ser específico (metal-mecânico) e amplo. Somado a isso, houve um baixo número de respondentes ao questionário, os quais fazem parte de uma gama variada de empresas que pertencem ao setor metal-mecânico.

Outra limitação refere-se à área de abrangência do estudo estar restrita a região sul do país, não englobando outras regiões. Por fim, considerou-se uma limitação a heterogeneidade dos entrevistados, visto que a estrutura, o porte e o tipo de produto fabricado pelas empresas são diversificados.

Ao considerar que todo o processo de integração envolve questões próprias e particulares de cada situação e/ou empresa, este estudo não se constitui em um modelo prescritivo, ou formatado, no qual cada empresa deverá verificar o nível de sua aplicabilidade, assim como peculiaridades advindas da sua realidade empresarial.

1.7 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em sete capítulos. No primeiro capítulo é abordada a introdução ao tema proposto, bem como a problemática de estudo e os objetivos da pesquisa, além das hipóteses que norteiam este estudo, da relevância do tema, bem como a escolha pelo setor e pela região de abrangência desta pesquisa, limitações do estudo e a organização do mesmo.

O segundo capítulo consiste no estado da arte, o qual apresenta uma revisão teórica que propicia o entendimento e desenvolvimento do estudo, no qual é abordado o *lead time* e os tempos atrelados ao processo produtivo.

O terceiro capítulo expõe a metodologia da pesquisa utilizada no desenvolvimento deste estudo, bem como os procedimentos e ferramentas adotados para coleta de dados, análise e discussão dos resultados. Além disso, é apresentado um esboço da metodologia utilizada no desenvolvimento deste estudo.

No quarto capítulo é exposto o ferramental estatístico utilizado pela metodologia proposta, o qual aborda os modelos de regressão, enfocando na regressão linear simples e múltipla, bem como no coeficiente de determinação e correlação, seleção de variáveis e teste de significância dos modelos de regressão.

O quinto capítulo consiste na aplicação da metodologia proposta. Neste capítulo são apresentados os fatores que influenciam o *lead time*

logístico da indústria metal-mecânica da região sul do Brasil, subdividindo em (i) identificação dos possíveis fatores que influenciam o *lead time* logístico dos sistemas de produção, sendo esse a base do instrumento de coleta de dados; (ii) elaboração e aplicação do questionário; (iii) tabulação das respostas; (iv) análise das variáveis e coeficientes; e (v) análise de regressão, que consiste no modelo de regressão múltipla construído nesta tese.

No sexto capítulo é apresentado o processo de legitimação, cujos resultados embasaram-se no modelo de regressão. Por fim, no sétimo capítulo são expostas as conclusões auferidas neste estudo, bem como recomendações para trabalhos futuros.

Posteriormente são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas na compilação do estado da arte, os anexos e os apêndices.

2 LEAD TIME

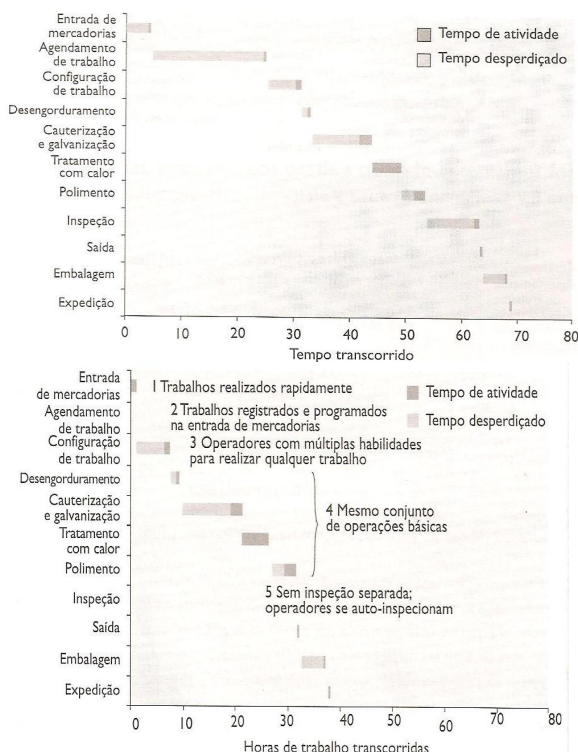
Com o passar do tempo e o aumento da competitividade, os mercados estão cada vez mais sensíveis ao tempo. Para Fry, Karwan e Steele (1991) e Pires (2004), os compradores buscam adquirir produtos e serviços de fornecedores que possuem o menor prazo de entrega com um bom desempenho no mercado. Christopher (1998) expõe três fatores de pressão nos mercados sensíveis ao tempo:

- redução do ciclo de vida dos produtos – faz com que o tempo para desenvolvimento e lançamento de novos produtos seja reduzido e consequentemente as atividades de gerenciamento dos processos tornam-se elementos fundamentais no sucesso das empresas no mercado;
- esforço para manter estoques reduzidos, a fim de liberar o capital investido nos mesmos para ser aplicado em outras atividades da empresa;
- mercados altamente voláteis e falta de confiabilidade nas previsões de venda - isso ocorre devido à imprevisibilidade do mercado que dificulta a previsão, provocando aumentos no *lead time*.

Handfield e Nichols Jr. (1999) acrescentam outros fatores que afetam o *lead time* das empresas contemporâneas, sendo eles: (i) tempos de espera; (ii) atividades que não agregam valor ao produto ou serviço; (iii) operações realizadas em série; (iv) problemas de qualidade que causam rejeição e retrabalho; (v) produção em lotes; (vi) excesso de controle; (vii) falta de sincronia na movimentação dos materiais; (viii) uso de tecnologias ultrapassadas; (ix) falta de informação, comunicação e coordenação ao longo dos processos; (x) falta ou deficiência no treinamento; (xi) uso de arranjos físicos inadequados; e (xii) longos tempos de *setup*.

Conforme Harrison e Hoek (2003), a partir do monitoramento do tempo efetivamente consumido nas atividades e do tempo desperdiçado em um processo é possível auferir ganhos de competitividade no mercado. Os mesmos autores apresentam um exemplo de um mapa de processos baseado no tempo, exposto na Figura 1, a qual ilustra que o tempo desperdiçado supera o tempo despendido nas atividades desenvolvidas antes e após a reengenharia.

Figura 1 – Mapa de processos com base no tempo.



Fonte: Adaptado de Harrison e Hoek (2003).

Por meio da reengenharia, do monitoramento dos processos e do uso da tecnologia de grupo é possível agrupar tarefas e processos semelhantes, assim como trabalhar com operações em conjunto (ASKIN; STANDRIDGE, 1993), reduzindo o *lead time*. Corroborando as idéias supramencionadas, a seguir são apresentados os conceitos, os componentes e a forma de mensuração do *lead time*.

2.1 CONCEITOS DE LEAD TIME

As empresas demandam um tempo para atender às solicitações dos clientes desde a colocação do pedido até a entrega. Esse tempo é denominado de *lead time* logístico, o qual consiste no tempo de processamento de um pedido, desde o momento em que o mesmo é

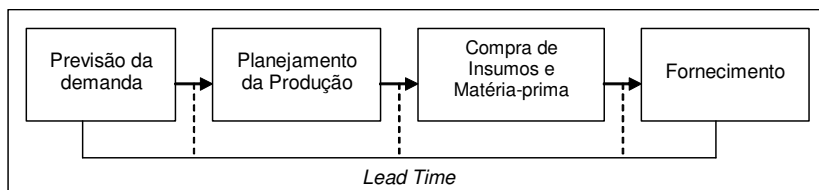
colocado junto ao fornecedor até o momento em que o produto é entregue ao cliente.

O *lead time* pode ser literalmente traduzido como tempo de aprovisionamento, de atravessamento ou de fluxo, uma vez que compreende o período entre o início de uma atividade, produtiva ou não, e o seu término. Esse tempo é utilizado para direcionar duas grandezas correlatas: (i) em suprimentos, tempos relacionados a reposições de materiais; e (ii) em produção, tempos relacionados ao atendimento de demandas de clientes (SELLITTO; WALTER, 2008).

Para Tubino (1999, p. 111), *lead time* consiste em uma “medida do tempo gasto pelo sistema produtivo para transformar matérias-primas em produtos acabados”. Conforme o mesmo autor, pode-se considerar esse tempo de forma ampla, denominando-o de *lead time* do cliente, quando se pretende medir o tempo desde a solicitação do produto pelo cliente até sua efetiva entrega ao mesmo, assim como se pode considerar esse tempo de forma restrita, denominando-o de *lead time* de produção, o qual leva em consideração apenas as atividades internas ao sistema de manufatura.

Entretanto, a definição mais convencional para *lead time*, no escopo de SCM (*Supply Chain Management* - Gestão da Cadeia de Suprimentos), é relativa ao tempo entre o momento de entrada do material até a saída do produto acabado do inventário (LAMBERT et al., 1998). Para Fry (1990), Moura (2004) e Christopher (2008) o *lead time* compreende as atividades desde o início do processo, com o *input* fornecido pela previsão da demanda, até o momento do fornecimento do produto ao cliente, como ilustra a Figura 2. Esse *lead time* deve ser respeitado a fim de não haver rupturas nos estoques, isto é, falta de matéria-prima ou produto acabado.

Figura 2 - *Lead time* entre os processos.



Fonte: Moura (2004, p. 11).

Para Stevenson (2001) o *lead time* é tido como o tempo de ressuprimento, sendo o tempo decorrido entre a emissão do pedido e o recebimento da mercadoria. Já na visão de MacCarthy e Fernandes (2000), o *lead time* é considerado a soma dos tempos de suprimento e produção, que foi chamado de *lead time* de ordens de fabricação. Esse *lead time* diz respeito ao tempo que a manufatura gasta, desde o aceite do pedido, que dispara a compra e coleta de materiais, até a disponibilidade do produto para o transporte até o cliente.

Assim, pode-se dizer que o *lead time* está intimamente relacionado ao contexto de produção. Tendo em vista que esse consiste em uma medida de tempo, ele está relacionado à flexibilidade do sistema produtivo em atender a uma solicitação do cliente. Quanto menor o tempo de processamento e transformação de matérias-primas em produtos acabados, menor será o custo do sistema produtivo no atendimento às necessidades e desejos dos clientes (TUBINO, 1999). Prazos de execução curtos e confiáveis significam maior habilidade de resposta às exigências dos clientes (FRY, KARWAN; STEELE, 1991).

O *lead time* ao longo da cadeia de suprimentos, conforme Leenders et al. (2006), pode ser considerado como o tempo desde a colocação do pedido pelo cliente junto à empresa até a entrega do mesmo, podendo, ainda, abranger o serviço ao cliente, ou seja, o tempo demandado pelo pós-venda e pelas atividades inerentes à logística reversa (retorno do produto ou serviço à empresa). Visão que difere de Christopher (2008, p. 155) ao afirmar que

desde o momento em que se tomam decisões sobre obtenção e compra de matéria-prima e componentes, passando pelo processo de manufatura e montagem até chegar à distribuição final, consome-se tempo. Esse tempo é representado pelo número de dias em estoque, seja da matéria-prima, do trabalho em andamento, do produto em trânsito ou, ainda, o tempo para processar pedidos, o tempo gasto com pedidos de reabastecimento, bem como o tempo gasto na manufatura, o tempo em filas ou gargalos e assim sucessivamente.

Visão que é reforçada por Chopra e Meindl (2003, p. 184) ao expor o *lead time* como sendo “o espaço de tempo entre o momento em que o pedido é feito e o momento em que é recebido”. Bowersox, Closs e Cooper (2006, p. 136) afirmam, ainda, que “qualquer processo de

produção consome tempo operacional e interoperacional”. Logo, o tempo operacional é tido como a combinação de tempos de *setup* ou mudança e o tempo real consumido na produção dos bens, enquanto o tempo interoperacional consiste nos tempos compreendidos entre um processo e outro.

O *lead time* é, muitas vezes, confundido ou possui o mesmo significado que ciclo, *takt time* e *deadline*, *dwell time*, entre outros (LAMBERT et al., 1998). Entretanto, de acordo com Tubino (1999) e Christopher (2008), não se deve confundir *lead time* com tempo de ciclo, visto que *lead time* é o tempo necessário para transformar as matérias-primas em produtos acabados, enquanto tempo de ciclo é o intervalo de tempo entre a saída de produtos acabados.

Já o *takt time*, palavra alemã que significa metrônomo (GAITHER; FRAZIER, 2002; CHASE, JACOBS; AQUILANO, 2006), pode ser considerado o tempo de ciclo, uma vez que consiste no tempo de avanço da matéria-prima pelo sistema produtivo, considerando uma saída e outra. Por fim, cabe ressaltar a diferença do *deadline*, o qual consiste no prazo limite estabelecido para a conclusão de uma atividade e, o *dwell time* que, para Bowersox, Closs e Cooper (2006, p. 36), é “a razão de tempo em que um ativo fica ocioso, em relação ao tempo exigido para satisfazer sua missão designada na cadeia de suprimentos”. Dessa forma, pode-se ter tempos de ciclo curtos com *lead times* longos, desde que se produza com base em estoques, sendo que as diferenças conceituais podem ser simplificadas no Quadro 3.

Quadro 3- Diferenças conceituais.

TERMO	CONCEITUAÇÃO
<i>Lead time</i>	Tempo que uma empresa leva para concluir o produto e entregá-lo ao cliente final, considerando todas as etapas do processo desde a colocação do pedido.
<i>Takt time/</i> Tempo de ciclo	Tempo de produção a partir da demanda de mercado do item, visto que esse objetiva alinhar a produção à demanda.
<i>Deadline</i>	Prazo final para entrega do produto ou serviço.
<i>Dwell time</i> (tempo de permanência)	Tempo em que um ativo fica ocioso em relação ao tempo necessário para satisfazer os objetivos da cadeia de suprimentos.

Fonte: Autora (2012).

Por fim, é possível sintetizar as diferentes conceituações do *lead time*, bem como seus escopos e os tempos envolvidos, conforme exposto no Quadro 4.

Quadro 4 - Síntese da conceituação de *lead time*.

AUTOR	CONCEITOS DE <i>LEAD TIME</i>
Fry, Karwan e Steele (1991)	tempo total despendido para entregar os produtos e serviços ao mercado de forma competitiva.
Bartezzaghi, Spina e Verganti (1994)	tempos de execução dos processos, de <i>setup</i> , tempo de fila, tempo de espera para movimentação, tempo de sincronização entre as fases do processo e o tempo para solução de eventuais problemas.
Wiendahl (1995)	tempo que uma peça ou atividade leva para atravessar um centro de trabalho.
Locke (1996)	tempo inerente ao fluxo de informações e materiais, processamento e entrega do produto ao cliente.
Lambert et al. (1998)	tempo compreendido entre a entrada do material e a sua saída do inventário.
Tubino (1999)	tempo gasto pelo sistema produtivo na transformação da matéria-prima em produto acabado.
MacCarthy e Fernandes (2000)	somatório dos tempos de suprimento e produção.
Leenders et al. (2006)	tempos desde a colocação do pedido pelo cliente até a entrega do mesmo, podendo abranger, inclusive, o serviço ao cliente e a logística reversa.
Bowersox, Closs e Cooper (2006)	tempo consumido efetivamente nos processos de produção, aliado ao tempo entre uma operação e outra.
Moura (2004) e Christopher (2008)	tempos inerentes às atividades, desde a previsão da demanda até o fornecimento do produto ao cliente.
Sellitto e Walter (2008)	tempos relacionados à reposição dos materiais, fabricação e atendimento a demanda dos clientes.
Li (2009)	período fixo de tempo no qual uma ordem de produção é concluída.

Fonte: Autora (2012).

Apesar das diferentes conceituações, é possível afirmar que o *lead time* envolve todos os tempos inerentes aos processos desde a solicitação do cliente até entrega do produto ou serviço. Para atender aos objetivos deste estudo toma-se por base o *lead time* logístico, o qual abrange o tempo relativo aos processos desde a colocação de um pedido até a entrega do mesmo ao cliente.

Dessa forma, na sequência, são elencadas as atividades e os tempos que compõem o *lead time*.

2.2 COMPONENTES DO *LEAD TIME*

MacCarthy e Fernandes (2000) associam o *lead time* ao tempo de resposta, composto por *SL* (tempo de suprimento), *PL* (de produção) e *DL* (de distribuição). Já Moura (2004) afirma que o *lead time* pode ser decomposto em *lead time* de requisição (data de colocação do pedido menos a data de abertura da requisição); *lead time* do fornecedor (data do recebimento do pedido menos a data da colocação do pedido) e *lead time* de análise (data da liberação do pedido menos a data de recebimento do pedido).

Para MacCarthy e Fernandes (2000), no *lead time* estão presentes os seguintes componentes:

- (i) emissão da ordem, compra e coleta de materiais e chegada ao chão de fábrica;
- (ii) transporte até a primeira atividade;
- (iii) espera em fila e até atingir o tamanho do lote;
- (iv) processamento (*setup* e operações);
- (v) inspeção e eventual retrabalho;
- (vi) transporte até a próxima atividade;
- (vii) recorrência até a última atividade.

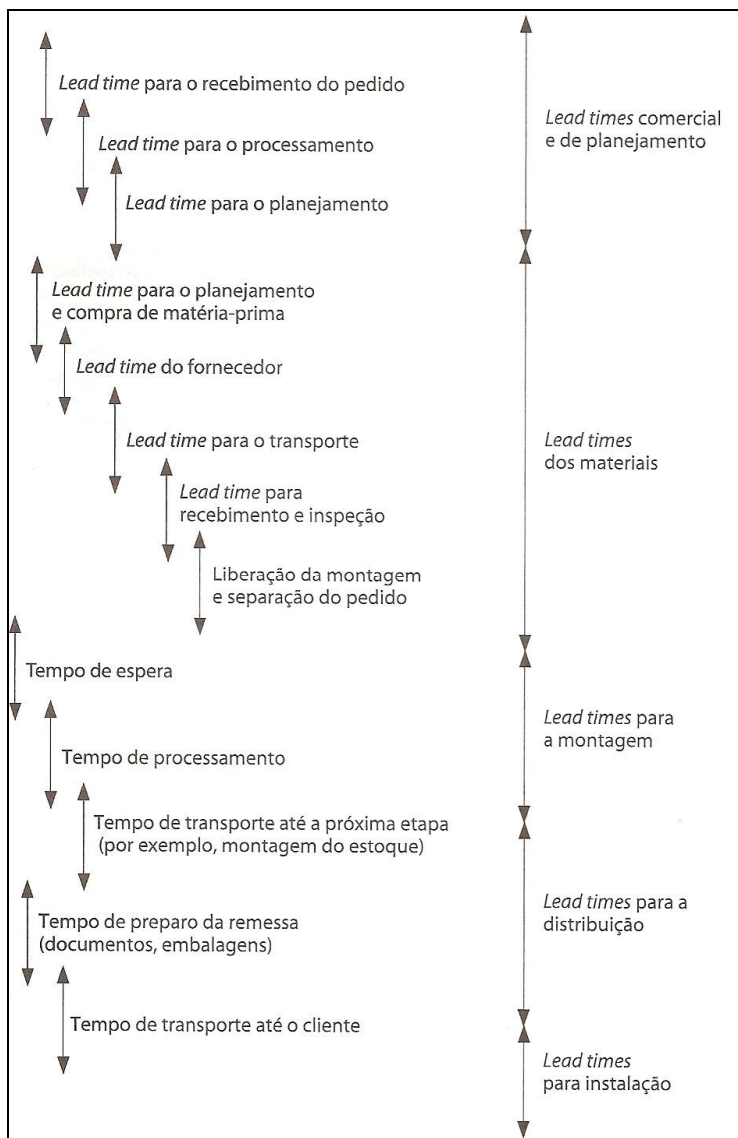
A esses tempos, Wacker (1996) acrescenta tempos de interrupção por falta de materiais e manutenção de emergência. Fry (1990) expõe que o *lead time* compreende os tempos de processamento das ordens, o tempo de movimentação e tempos de espera. Bartezzaghi, Spina e Verganti (1994) apresentam um modelo de *lead time* para os processos de negócios, o qual inclui os seis componentes que seguem:

- (i) *run time* ou tempo de execução (*R*) – consiste no tempo em que o objeto está sendo processado, sendo que esse depende da capacidade produtiva, dos recursos empregados e da especialização da atividade, concentrando-se na eficiência dos recursos;
- (ii) *setup time* ou tempo de preparação (*SU*) – está relacionado às atividades de preparação da linha de produção que não podem ser realizadas antecipadamente à execução. Pode se referir ao tempo de preparo para processamento de um único objeto ou de um lote;

- (iii) *queue time* ou tempo de fila (Q) – consiste no tempo em que um componente ou produto espera para completar o processo;
- (iv) *wait-to-move time* ou tempo de espera para movimentação (WTM) – estabelece o momento das esperas de um objeto para a transferência à etapa seguinte de processamento, ou seja, refere-se ao tempo decorrido antes de mover-se para a atividade seguinte;
- (v) *synchro time* ou tempo de sincronização (SY) – está relacionado às esperas para a sincronização entre fases paralelas do processo, dependendo de três fatores: (a) esperas para entradas externas, (b) esperas para o início da programação e (c) esperas para o controle e revisão nas combinações. O tempo de sincronização é particularmente relevante quando o processo é complexo e possui muitas fases paralelas;
- (vi) *problem-solving time* ou tempo para solução de problemas (PS) – consiste nas esperas para decisões não rotineiras, que quando repetitivas podem facilmente ser computadas como componentes do tempo de execução.

Quanto menor o *lead time* contabilizado na produção efetiva dos bens, mais eficiente será o processo de conversão da matéria-prima em produto acabado (BOWERSOX, CLOSS e COOPER, 2006). Dessa forma, Christopher (2008) faz uma classificação diferenciada dos componentes do *lead time* existentes nas empresas, conforme ilustra a Figura 3.

Figura 3 - Componentes do *lead time* logístico.



Fonte: Christopher (2008, p. 154).

O autor classifica os *lead times* em cinco categorias as quais são subdivididas de acordo com os processos e suas variabilidades, sendo essas expostas e explicadas a seguir.

- *Lead times* comercial e de planejamento – consistem nas etapas iniciais do processo, abrangendo o *lead time* para o recebimento do pedido, o *lead time* para o processamento e o *lead time* para o planejamento;
- *Lead times* dos materiais – abrangem a etapa posterior à colocação do pedido por parte do cliente, contemplando o *lead time* para o planejamento e a aquisição da matéria-prima, o *lead time* do fornecedor, o *lead time* para o transporte, o *lead time* para o recebimento e inspeção e a liberação da montagem e separação do pedido;
- *Lead times* para a montagem – consistem na etapa intermediária ao processo, uma vez que a empresa já possui o pedido e a matéria-prima para fabricação do mesmo. Essa etapa é composta pelo tempo de espera, pelo tempo de processamento e pelo tempo de transporte até a etapa seguinte do processo;
- *Lead times* para a distribuição – consistem na liberação do pedido por parte da empresa, compreendendo apenas o tempo de preparo da remessa, no que diz respeito à documentação e embalagem do pedido a ser enviado ao cliente, e pelo transporte propriamente dito;
- *Lead times* para a instalação – etapa final do pedido, sendo constituído pela entrega e uma possível montagem do produto.

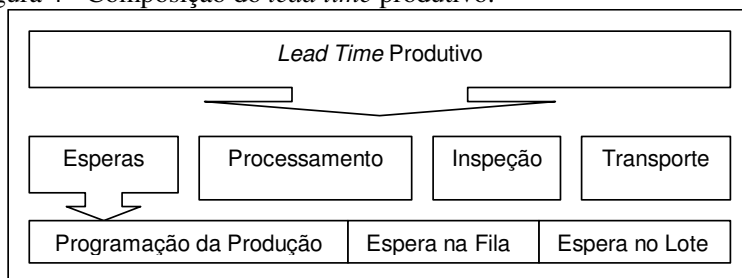
Em certas situações, os processos de fabricação sofrem atrasos inesperados ou tempos de inatividade. Durante os períodos em que um processo, linha de produção ou máquina estão parados, devido a atrasos ou falhas logísticas, a eficiência da produção sofre um impacto negativo. Face ao exposto, pode-se dizer, ainda, que muitos dos tempos que compõem o *lead time* estão relacionados com as perdas no processo produtivo. Segundo Shingo (1996), o Sistema Toyota de Produção identifica sete tipos de perdas:

- (i) perda por superprodução – consiste em fazer mais produtos do que o necessário ou fazer o produto antes que ele seja necessário;
- (ii) perdas de espera - significa, em geral, a espera dos trabalhadores para iniciar a produção ou uma etapa do processo produtivo;

- (iii) perdas no transporte – a utilização de transporte desnecessário não agrega valor, independente da distância a ser percorrida, mas eleva os custos da empresa;
- (iv) perdas no processamento - consiste nas atividades de processamento que são desnecessárias para que o produto ou serviço adquira suas características básicas de qualidade;
- (v) perdas em estoque - refere-se à existência de estoques demasiados e desnecessários, tanto de matérias-primas, como de itens em processo e produtos acabados;
- (vi) desperdício no movimento – consiste nos movimentos desnecessários realizados pelos colaboradores;
- (vii) desperdício na elaboração de produtos defeituosos – diz respeito às perdas decorrentes da fabricação de produtos defeituosos, tanto de peças, subcomponentes quanto produtos acabados que não atendem às especificações de qualidade requerida.

Estas perdas estão relacionadas diretamente à estrutura de produção e fazem com que o *lead time* seja diretamente proporcional ao volume de perdas, ou seja, quanto maiores são as perdas, maior será o *lead time*. Por isso, Christopher (2008, p. 157) afirma que o tempo a ser reduzido nos processos é o tempo que não agrega valor, uma vez que “o tempo que não agrega valor é tempo gasto em uma atividade cuja eliminação não levaria a nenhuma redução de benefícios para o cliente”. Visão essa que vai ao encontro do exposto por Tubino (1999), o qual afirma que ao se acompanhar o fluxo produtivo de um item pode-se identificar quatro grupos diferentes de tempos que compõem o *lead time* desse item, os quais são esquematizados na Figura 4 e explicados individualmente na sequência.

Figura 4 - Composição do *lead time* produtivo.



Fonte: Tubino (1999, p. 113).

2.2.1 Tempos de Espera

De acordo com Shingo (1996) e Chase, Jacobs e Aquilano (2006), o tempo de espera é o período de tempo em que não ocorre nenhum processo, inspeção ou transporte, tempo em que uma peça aguarda por outra peça para que essas possam ser combinadas em uma montagem. Para Stevenson (2001) o tempo de espera consiste no tempo necessário para a obtenção da matéria-prima. Já Tubino (1999) considera o tempo de espera o tempo necessário para a programação do item, tempo perdido pelo item aguardando na fila até que o recurso esteja pronto para ser processado no lote.

Pode-se dizer, ainda, que esse tempo não agrega valor aos produtos e deve, na medida do possível, ser eliminado. Conforme Tubino (1999), o tempo de espera é proporcional ao número de etapas pelas quais um item passa, uma vez que o item sofrerá espera a cada etapa do processo pelo qual o mesmo passa. Sob essa perspectiva, os tempos de espera dos lotes, em muitas empresas de manufatura nos Estados Unidos, podem chegar a 80% do *lead time* (FRY, KARWAN; STEELE, 1991; CORRÊA; GIANESI, 1996; TUBINO, 1999), motivo pelo qual as técnicas de JIT (*Just-in-time*) buscam privilegiar os processos contínuos de fabricação em pequenos lotes.

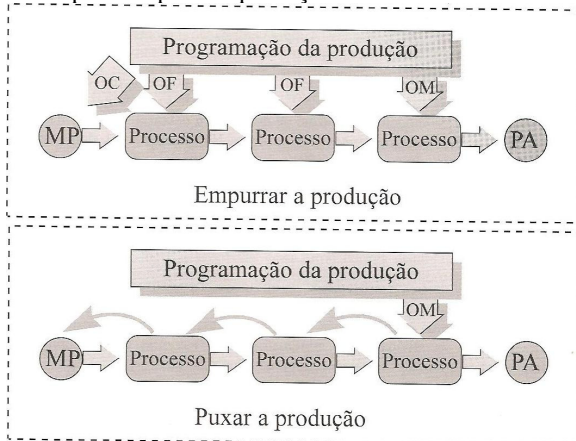
Essa espera pode ser classificada em três tipos, os quais são expostos e melhor explicados na sequência.

2.2.1.1 Tempo de Programação da Produção

O tempo de programação da produção varia de acordo com o tipo de sistema de produção adotado pela organização, sendo que esse pode

ser puxado, empurrado, ou híbrido (puxado e empurrado), conforme é possível visualizar na Figura 5.

Figura 5 - Empurrar e puxar a produção.



Fonte: Tubino (2000, p. 105).

Na Figura 5, tem-se:

OC – ordem de compra

OF – ordem de fabricação

OM – ordem de material

MP – matéria-prima

PA – produto acabado

Enquanto empurrar a produção consiste na elaboração periódica de um programa de produção para atender ao PMP (Plano Mestre de Produção), abrangendo desde a aquisição da matéria-prima até a montagem do produto acabado, puxar a produção consiste em não produzir até que o cliente, seja ele interno ou externo, solicite determinado item.

Os sistemas empurrados trabalham com uma previsão de demanda, a partir da qual é estipulado o volume de itens a ser fabricado, podendo essa demanda não se confirmar, gerando instabilidade no sistema.

A dinâmica do sistema de produção empurrado é efetuada com o auxílio de *softwares* de MRP (*Material Requirements Planning* – Planejamento das Requisições de Material), os quais demandam tempo

desde a coleta de informações, processamento das mesmas e geração do planejamento em si (TUBINO, 1999). Entretanto, a acurácia das previsões depende do sistema de ERP (*Enterprise Resource Planning* – Planejamento das Necessidades de Recursos) utilizado e das informações acerca do macro e microambiente empresarial.

Além disso, o sequenciamento das ordens de fabricação, de acordo com as suas prioridades, consome tempo nas operações de planejamento da produção, o que, se não for devidamente controlado, acaba aumentando o *lead time* dos processos e incorrendo em estoques e atividades desnecessárias à produção. Face ao exposto, Tubino (1999, p. 114) afirma que nos sistemas de PCP (Planejamento e Controle da Produção) convencionais “o tempo de programação da produção é longo e os clientes são atendidos basicamente pelos estoques”.

Em contrapartida, o sistema de produção puxado faz com que o período de tempo compreendido entre a chegada de um pedido e a introdução do mesmo na linha de fabricação seja praticamente imediato, uma vez que a empresa já possui estoques intermediários (supermercados) entre clientes e fornecedores. Nesse caso, os processos têm um “efeito acelerador na composição do *lead time* produtivo pelo fato de a ação de programação e sequenciamento da produção estar junto ao chão de fábrica, onde o processo produtivo se desenvolve” (TUBINO, 1999, p. 115).

Devido ao fato de parte do processo produtivo já ter sido realizado anteriormente, pode-se afirmar que o tempo de espera para a programação da produção é reduzido em sistemas de produção puxados, reduzindo-se, dessa forma, o *lead time* dos processos. Isso ocorre devido à demanda ser efetiva e não projetada como nos sistemas de produção empurrada, estando menos suscetíveis a erros ou a instabilidade e oscilações no mercado e no ambiente empresarial. Contudo, os estoques intermediários entre os processos, no sistema de produção puxada, devem ser bem dimensionados para evitar faltas ou excessos de materiais.

2.2.1.2 Tempo de Espera na Fila

O tempo de espera na fila é resultante do somatório dos tempos de preparação das máquinas e equipamentos e o processamento de cada ordem de produção executada anteriormente a esta que está sendo considerada. Para Chase, Jacobs e Aquilano (2006, p. 528), o tempo de fila é “o tempo que uma peça aguarda por um recurso que está ocupado com outra coisa”.

Tubino (1999) afirma que o tempo de espera na fila de um recurso a ser trabalhado é o componente de maior peso nos tempos de espera que compõem o *lead time* produtivo. Melnyk e Christensen apud Bowersox, Closs e Cooper (2006) expõem que de 75% a 95% de todos os atrasos não produtivos resultam de filas não planejadas no processo produtivo.

As filas de espera em frente aos recursos, conforme Tubino (1999), ocorrem devido a três fatores principais:

a. desbalanceamento entre a carga de trabalho e a capacidade produtiva – pode-se dizer que todo o sistema produtivo possui um gargalo, algum recurso que limita a capacidade de produção da organização, levando ao desbalanceamento entre a carga solicitada pela programação da produção e a capacidade produtiva. Em decorrência disso ocorre a formação de filas em frente aos recursos gargalos e aos demais recursos que dependem desse gargalo, devendo esse ser identificado a fim de não haver programação ou carregamento de recursos acima da capacidade do gargalo. Nos sistemas produtivos de fluxo contínuo é possível identificar mais facilmente os gargalos, assim como a capacidade produtiva dos mesmos. Porém, em processos intermitentes em lotes, a variedade de itens e ordens dificulta a identificação dos gargalos, aumentando o *lead time*. A filosofia JIT busca limitar e/ou reduzir a formação de filas, facilitando a identificação dos gargalos e o não carregamento do sistema produtivo acima dessa capacidade. Para isso, é conferida atenção à produção em sistemas cujo *layout* é celular a fim de: (i) tornar a produção o mais linear possível; (ii) balancear os recursos com base no tempo de ciclo projetado a partir da demanda do plano mestre de produção; (iii) puxar a produção a partir das necessidades dos clientes e (iv) permitir que recursos com capacidades excedentes sejam acionados apenas para atender aos clientes;

b. esperas para *setup* e processamento dos lotes com prioridades no recurso – o lote permanece na fila de espera até que todos os recursos necessários sejam preparados (*setup*) ou que lotes com prioridades superiores sejam processados. Esse tempo gasto com a preparação dos recursos ou *setup*, apesar de indesejável, é necessário para o processo produtivo, sendo os tempos e custos diluídos pelo tamanho do lote. Assim, são tomadas decisões com o fito de reduzir os tempos de *setup* e viabilizar o uso de lotes pequenos no sistema produtivo, reduzindo as filas;

c. **problemas de qualidade no sistema produtivo** – são provenientes de possíveis problemas no sistema produtivo, como quebras de equipamentos sem a devida manutenção preventiva ou preditiva; treinamento inadequado da mão-de-obra; geração de itens defeituosos identificados apenas ao fim do processo e baixo relacionamento com fornecedores. Tais fatores podem afetar a qualidade do material, da entrega e o tempo de atendimento e recebimento dos pedidos.

Uma forma de reduzir o tempo de fila é executar o balanceamento das linhas de maneira eficaz, não permitindo a formação de estoques entre os postos de trabalho. Além disso, a coordenação dos diversos estágios da produção, para que produzam somente o que e quando os estágios posteriores requererem, também contribui para a redução do estoque em processo, reduzindo o tempo de fila e consequentemente o *lead time*.

2.2.1.3 Tempo de Espera no Lote

O tempo de espera no lote consiste no tempo gasto para que um item seja processado e que os demais também o sejam. De acordo com Tubino (1999), a solução para eliminar o tempo de espera no lote consiste em buscar a produção em fluxo unitário, ou seja, produzir e movimentar cada item como se fosse um lote de um único item.

2.2.2 Tempos de Processamento

Pode-se afirmar que o tempo de processamento é o tempo gasto para transformar a matéria-prima em produto acabado, conceito que é reforçado por Chase, Jacobs e Aquilano (2006, p. 128) ao expor que “o tempo de processamento é o tempo que a unidade passa em funcionamento, somado ao tempo gasto na fila de espera”. Shingo (1996) define o processamento como sendo uma mudança física no material ou na qualidade (montagem ou desmontagem). Chase, Jacobs e Aquilano (2006, p. 128) afirmam, ainda, que o tempo de processamento pode ser expresso matematicamente, com base na Lei de Little, da seguinte forma:

$$\text{Tempo de processamento} = \frac{\text{Material em processo (WIP)}}{\text{Taxa de processamento}} \quad (2.1)$$

Essa determinação é válida para linhas de montagem sem *buffers* de estoque, sendo que a taxa de processamento consiste na quantidade processada em determinado período de tempo.

O tempo de processamento, conforme Corrêa e Giancesi (1996), é o único que vale a sua duração, pois nele se agrega valor ao produto e é o tempo pelo qual os clientes estão dispostos a pagar. Como o tempo de processamento de um item é decorrente do esforço conjunto de homens e máquinas para melhorá-lo têm-se três alternativas (TUBINO, 1999): (i) melhorar os movimentos humanos; (ii) melhorar os movimentos das máquinas; (iii) substituir o movimento humano por automação.

Conforme o mesmo autor supramencionado, a melhoria dos tempos de processamento em nível de projeto consiste em planejar os produtos e processos a fim de que possam ser implementados de forma simples e eficiente. Já a melhoria nos tempos de processamento em nível de execução das operações consiste em cumprir os padrões de trabalho dentro dos tempos de ciclo pré-estabelecidos e buscar o melhoramento contínuo nas operações.

2.2.3 Tempos de Inspeção

A inspeção, para Martins e Laugeni (2005), é caracterizada pela verificação de uma variável ou de um atributo do material comparando com um padrão estabelecido. Dessa forma, Tubino (1999) afirma que, uma vez processados, os itens passam pela inspeção em algum ponto do sistema.

A inspeção por amostragem, baseada no NQA (Nível de Qualidade Aceitável), tem sido utilizada pelos sistemas de produção convencionais para reduzir o tempo e os custos desse procedimento. No entanto, Tubino (1999) expõe dois problemas fundamentais desse tipo de inspeção: (i) certo nível de defeitos pode ser aceito e (ii) sua atuação é restrita aos efeitos do processo, não atuando na resolução e eliminação das causas dos defeitos. Uma alternativa mais eficiente para a inspeção por amostragem é o CEP (Controle Estatístico do Processo), em que cartas de controle são usadas para acompanhar a média e a variabilidade do processo, buscando evitar que esse processo saia da faixa de controle e produza itens defeituosos.

Para Shingo (1996) o mais eficiente é utilizar o processo de inspeção autônoma da produção em quantidade e qualidade, que pode ser realizado de três maneiras diferentes: (i) auto-inspeção, (ii) inspeções sucessivas e (iii) inspeção na fonte. A auto-inspeção e as inspeções

sucessivas são realizadas após a produção do item, enquanto a inspeção na fonte é realizada durante a produção do mesmo.

2.2.4 Tempos de Transporte

Qualquer movimento de materiais ou produtos, alterando suas posições, é, segundo Shingo (1996), classificado como transporte ou movimentação. Corroborando essa perspectiva, Tubino (1999) coloca, como movimentação e transporte, todo deslocamento efetuado, após os produtos serem produzidos e inspecionados, de uma etapa para outra posterior no processo produtivo, até chegarem aos estoques de produtos acabados. O tempo médio e a variabilidade do tempo da entrega dos materiais consistem em características importantes que afetam o desempenho do transporte (BALLOU, 2006).

Nos sistemas convencionais de produção em grandes lotes, a melhoria nos tempos de transporte pode ser obtida pela automatização dos meios de transporte. Já nos sistemas de produção JIT, a atividade de transporte, além do necessário, é uma das que não agrega valor aos produtos (TUBINO, 1999).

Ainda que seja necessário produzir grande quantidade de determinado item, esta quantidade pode ser dividida em lotes pequenos, os quais podem ser movimentados para as operações seguintes assim que terminados. Desse modo, o lote de movimentação, no sistema JIT, é sempre pequeno e eventualmente menor que o lote de produção em determinado momento. A produção focalizada é essencial para a eliminação das atividades improdutivas de movimentação e armazenamento intermediárias dos itens em produção.

Sintetizando o que foi apresentado na seção, a redução do *lead time* é proveniente da busca pela eliminação dos tempos que não agregam valor aos produtos e serviços, conforme exposto no Quadro 5.

Quadro 5 - Tempos inerentes ao *lead time*.

TEMPOS	SUBDIVISÕES E CONCEITUAÇÕES
Espera	Programação da Produção – tempo que um lote aguarda para a finalização do processamento do lote anterior ao qual faz parte.
	Fila – consiste no tempo que um item aguarda os demais que possuem maior peso serem trabalhados.
	Lote – ocorre enquanto umas peças aguardam o processamento do restante do lote.
Processamento	Tempo despendido na transformação de matéria-prima em produto acabado.
Inspeção	Tempo consumido na verificação de determinado item quanto à sua qualidade.
Transporte	Tempo gasto na movimentação dos materiais e produtos acabados.

Fonte: Autora (2012).

Além desses tempos, conforme Bowersox, Closs e Cooper (2006) e Chase, Jacobs e Aquilano (2006), muitas empresas incluem o tempo de segurança no planejamento das suas necessidades, sendo um pedido efetuado antes do período realmente necessário, para garantir a chegada no prazo.

A otimização dos tempos incorridos nos processos faz com que a empresa se torne mais flexível e competitiva no mercado, corroborando os objetivos primordiais da logística acerca da entrega do produto certo, na hora certa, nas condições e prazos acordados entre fornecedor e cliente, e com a qualidade desejada pelo mesmo.

2.3 MEDIÇÃO DO LEAD TIME

Para Nishida (2006), só se pode melhorar o *lead time* quando é possível mensurá-lo. O *lead time* dos processos pode ser medido por meio do monitoramento das atividades desenvolvidas pelas empresas ao longo da cadeia de suprimentos na qual estão inseridas. Dessa forma, o LT_i (*lead time*), conforme Bartezzaghi, Spina e Verganti (1994), consiste no somatório de todos os tempos computados na atividade i , o qual pode ser expresso pela soma dos diversos componentes do *lead time* da respectiva atividade, da seguinte forma:

$$LT_i = Q_i + SU_i + PS_i + R_i + WTM_i + SY_i \quad (2.2)$$

onde,

LT_i = *lead time*

Q_i = tempo de fila

SU_i = tempo de instalação

PS_i = tempo para solução de eventuais problemas

R_i = tempo de execução das tarefas

WTM_i = tempo de espera para movimentação

SY_i = tempo de sincronização entre as fases dos processos

A eficiência operacional do sistema é avaliada em relação ao volume produzido e à variedade, considerando as perdas inesperadas, as quais podem ser provenientes de filas, esperas, paradas ou falhas no apoio logístico. Dessa forma, pode-se dizer que o *lead time* pode afetar o desempenho das empresas no mercado. De um modo generalizado, as empresas que reduzem o *lead time* e controlam ou eliminam variâncias inesperadas nos processos possuem maior flexibilidade para satisfazer às necessidades e desejos dos clientes ao mesmo tempo em que conseguem reduzir os custos (BOWERSOX, CLOSS e COOPER, 2006).

Stevenson (2001) afirma que, quanto maior a variabilidade do *lead time*, maior será o volume de estoques necessário para reduzir o risco de faltas entre os fornecimentos. O *lead time* dos processos, quando excessivo, pode fazer com que uma empresa perca espaço no mercado, uma vez que os clientes, sejam eles pessoas físicas ou jurídicas, exigem cada vez mais rapidez e agilidade na entrega dos produtos e serviços. No entanto, pode-se dizer, conforme Tubino (1999), que é praticamente impossível a produção imediata de qualquer produto, existindo sempre um prazo de entrega para as solicitações dos clientes.

A filosofia JIT busca, através da implantação de suas técnicas, a redução contínua do *lead time* produtivo, com o fito de atender às solicitações dos clientes com prazos de entrega cada vez menores sem a formação exagerada de estoques (TUBINO, 1999). Para isso, faz-se necessária a sincronia entre os membros da cadeia de suprimentos, visão que é reafirmada por Christopher (2008, p. 156) ao expor que “a chave para o controle bem-sucedido da logística dos *lead times* é o

gerenciamento do canal”, isso porque um atraso logístico, por parte de um fornecedor de matéria-prima, em relação ao tempo estipulado, pode resultar em uma ruptura no processo produtivo. Face ao exposto, as empresas devem, em conjunto com os demais membros da cadeia de suprimentos, gerenciar seus *lead times*, a fim de atender melhor às necessidades e desejos dos clientes.

O controle do *lead time* entre uma empresa e um fornecedor é muito importante, pois permite controlar o respectivo *lead time* entre a empresa e o cliente final. Além disso, torna-se relevante a análise do potencial que um fornecedor possui em gerenciar seu próprio *lead time*. Uma maneira eficiente de controlar o *lead time* entre a empresa e o fornecedor é permitir um correto e contínuo fluxo de informações ao longo da cadeia de suprimentos, principalmente por meio de previsões e informações acerca da demanda e dos tempos de processamento e entrega (LOCKE, 1996).

Os melhoramentos que podem ser feitos em termos de transporte e comunicações são fundamentais na redução do *lead time*. No tocante ao transporte, um potencial comprador deve entender a criticidade do mesmo nas cadeias de suprimentos longas, bem como na redução de riscos de perdas ou danos de materiais (LEENDERS et al., 2006).

Nos sistemas convencionais de produção, como a velocidade de resposta aos pedidos dos clientes é baixa, o sincronismo entre *lead times* e prazos de entrega é obtido através da formação prévia de estoques, tanto de produtos acabados como de componentes e matérias-primas. Entretanto, essa solução tem se mostrado inadequada devido a vários fatores, entre os quais cabe destacar (TUBINO, 1999):

- estoques não agregam valor aos produtos, constituindo-se em uma das principais perdas dos sistemas produtivos;
- estoques encobrem problemas de qualidade, retardando a identificação e a correção dos mesmos;
- estoques impedem a comunicação imediata na cadeia “fornecedor – cliente”, dificultando para os fornecedores, internos e externos, o atendimento das reais necessidades dos clientes;
- estoques são formados com base em previsões de demanda, que podem não se concretizar.

Os *lead times* podem ser calculados, *a priori*, por estimativas fixas calculadas conforme a técnica de programação e a prioridade da

ordem, isso para sistemas de controle de produção (BERTRAND, WORTMANN; WIJNGAARD, 1990), sendo que também podem ser medidos, *a posteriori*, com dados de campo (SELLITTO, 2005). Ao contrário do que afirma Leenders et al. (2006) ao dizer que, muitas vezes, por mais atenção que é dedicada ao *lead time* não é possível reduzi-lo, Pan e Yang (2002) afirmam que os *lead times* podem, sim, ser controlados e reduzidos.

O TL (*lead time* simples) de uma ordem de produção, em um centro de trabalho, é obtido através da data de conclusão no posto de trabalho anterior subtraída da data de conclusão do posto de trabalho atual. Já o TL_w (*lead time* ponderado) é obtido por meio da multiplicação do TL por uma unidade de valor, proporcional ao esforço de manufatura requisitado pela ordem de produção, tal como o número de peças, a tonelagem processada ou o número de horas padrão da ordem (WIENDAHL, 1995; SELLITTO; WALTER, 2008).

Quanto maior o tempo utilizado no processamento e quanto maior a quantidade produzida, mais esforço de manufatura é requerido para transformar a matéria-prima em produto acabado. As Equações 2.3 e 2.4 expõem a forma de mensuração do TL , do TL_m e TL_{mw} (*lead time* médio) para uma quantidade processada na ordem i (Q_i) (WIENDAHL, 1995).

$$TL_m = \frac{\sum_{i=1}^n TL_i}{n} \quad (2.3)$$

$$TL_{mw} = \frac{\sum_{i=1}^n TL_i \cdot Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i} \quad (2.4)$$

onde:

TL_i = *lead time* simples na ordem de fabricação i ;

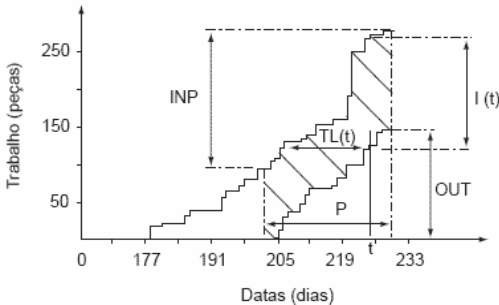
TL_m = *lead time* médio;

TL_{mw} = *lead time* médio ponderado para uma peça que permanece em um posto de trabalho;

Q_i = quantidade processada na ordem de fabricação i .

O mesmo autor supramencionado afirma que o TL_{mw} em um posto de trabalho consiste no valor esperado para o tempo que uma peça ou uma atividade leva para atravessar um centro de trabalho. Dessa forma, associado à mensuração do *lead time*, para controle estratégico, utiliza-se um método para a medição do inventário, a fim de efetuar uma representação gráfica do processo de fila, ou seja, através de um diagrama de resultados, conforme ilustra a Figura 6, é possível verificar o andamento dos processos a partir da quantidade de matéria-prima processada e transformada em produto acabado em um período de tempo.

Figura 6 - Diagrama de resultados.



Fonte: Sellitto e Walter (2008, p. 4).

sendo que:

INP = total de trabalho admitido durante o período P

OUT = total de trabalho concluído durante o período P

P = período de tempo

$TL(t)$ = *lead time* ou tempo de atravessamento instantâneo

$l(t)$ = inventário instantâneo

No diagrama de resultados exposto acima, a entrada inicial consiste na quantidade de trabalho em fila de espera no início do período, a partir da qual se acumulam as entradas, nas datas em que ocorrem. A saída é direcionada pela adição das ordens completadas, na mesma unidade da entrada, nas respectivas datas de saída. E, a área *hachurada* representa o esforço de manufatura, proporcional à quantidade de peças e ao *lead time* das ordens, sendo que os valores do

lead time e do inventário são representados pelas distâncias médias entre as entradas e as saídas no período (KLEINROCK, 1975; SELLITTO; WALTER, 2008).

Atualmente as empresas trabalham para reduzir o *lead time* e o grande desafio das mesmas é torná-lo zero ou o mais próximo de zero possível. A grande dificuldade encontrada é fazer com que o sistema produtivo seja flexível, sem aumentar os estoques e incorrer em custos. Busca-se, com isso, a minimização do *lead time* para atender a maior quantidade de pedidos possível.

Face ao exposto, prevalece a perspectiva sistêmica, cuja eficiência nos processos provém da sincronia e da flexibilidade ao longo da cadeia de suprimentos. A eficiência em uma cadeia de suprimentos provém da eficiência no seu sistema de processamento, que, segundo Christopher (2008, p. 158), pode ser medida da seguinte maneira:

$$\frac{\text{Tempo com valor agregado}}{\text{Tempo em todo o canal}} \times 100 \quad (2.5)$$

A eficiência do processamento pode chegar a 10%, indicando que a maior parte do tempo despendido em uma cadeia de suprimentos é tempo que não agrega valor (CHRISTOPHER, 2008). Além disso, há fatores que adicionam custos, como o estoque de matéria-prima, a produção, o estoque de produto acabado, o estoque regional e em trânsito e a entrega ao cliente, fatores esses cujo tempo pode superar o das atividades que agregam valor.

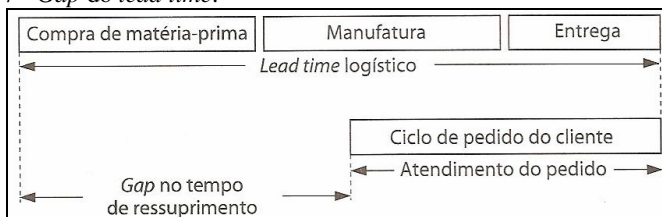
O gerenciamento do canal visa eliminar as obstruções e os desalinhamentos ocorridos e que podem elevar o volume de itens em estoque e alongar os tempos de resposta, perdendo flexibilidade e deixando de agregar valor aos clientes. Entre as causas dos desalinhamentos e obstruções Christopher (2008) cita a ampliação do tempo de preparação e de troca de ferramentas, gargalos no processo produtivo, estoque excessivo, processamento sequencial de pedidos e falta de visibilidade do canal de suprimentos.

Pode-se dizer que a redução do tempo sem valor agregado pode melhorar o nível de serviço ao cliente e reduzir os custos inerentes aos processos ao longo da cadeia de suprimentos. Portanto, um dos desafios é encontrar meios de melhorar o *trade-off* entre o tempo com valor agregado e o tempo com custos adicionais.

Cada vez mais o cliente busca o ágil e pronto atendimento de suas necessidades e desejos, não estando esse disposto a esperar. Entretanto,

há um *gap* (distância) entre o *lead time* logístico (tempo para conclusão de um produto considerando as etapas iniciais) e o ciclo do pedido do cliente (período que o cliente está disposto a esperar pela entrega), conforme ilustra a Figura 7 (CHRISTOPHER, 2008).

Figura 7 - *Gap do lead time*.



Fonte: Christopher (2008, p. 162).

Conforme o autor supramencionado, a única forma de preencher essa lacuna é mantendo um nível de estoques mais elevado, o que acaba implicando em uma previsão. Tais previsões devem buscar ao máximo a acuracidade, a fim de reduzir o tempo demandado ao atendimento ao cliente. Porém, a redução desse *gap* pode ser alcançada com a redução do *lead time* logístico, tornando-o mais próximo do ciclo do pedido do cliente.

2.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

Neste capítulo foi apresentada uma revisão da literatura sobre *lead time*, abordando os conceitos, a composição e a forma de medição. Apesar de diversos estudos encontrados na literatura contemplarem este assunto, seja no segmento de manufatura ou no setor de serviços, não foi encontrado nenhum trabalho que determinasse o quanto cada fator influencia no total do *lead time*.

Nos próximos capítulos, os fatores que influenciam o *lead time* logístico dos sistemas produtivos do setor metal-mecânico serão apresentados por meio de uma estrutura hierárquica de modo a permitir quantificar a influência dos mesmos na prática empresarial.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Nesta tese, os procedimentos metodológicos servem de base para atingir os objetivos propostos e legitimar a hipótese apresentada. São compostos pelas técnicas e métodos utilizados para estruturar e definir a elaboração do trabalho. Este capítulo está subdividido em: (i) classificação da pesquisa; (ii) descrição da metodologia, que apresenta os pressupostos de desenvolvimento desta tese, sendo subdividida em três fases – estruturação, regressão e legitimação; (iii) considerações sobre o capítulo, tópicos que serão discutidos na sequência.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Pacheco Júnior, Pereira e Pereira Filho (2007) afirmam que a base da pesquisa científica está centrada em três correntes filosóficas: (i) Positivismo – estuda a relação entre variáveis com senso lógico e racional, mostrando a relevância ou não da interdependência entre as mesmas; (ii) Estruturalismo – estuda a inter-relação entre os elementos de um processo no qual variáveis estão envolvidas, permitindo estabelecer um modelo para compreensão de fenômenos; (iii) Dialética – consiste na busca pela essência do fenômeno estudado, pressupondo a essencialidade do contraditório (para cada tese uma antítese), a fim de gerar conhecimentos para o processo de pesquisa.

Esta tese, no tocante às bases filosóficas, caracteriza-se por ser estruturalista, visto que “todos os objetos materiais manifestam grande quantidade de relações, de ligações internas e externas” (TRIVIÑOS, 1987, p. 80). A estrutura estudada é o *lead time* logístico, buscando a compreensão dos fatores que interferem no mesmo para estabelecer os elementos dominantes e suas inter-relações.

A metodologia é considerada o estudo do método, que consiste na forma de se auferir determinado fim ou objetivo. Os métodos de pesquisa mais conhecidos são (GIL, 1999; LAKATOS; MARCONI, 2003; PACHECO JÚNIOR; PEREIRA; PEREIRA FILHO, 2007): (i) Descritivo – parte do pressuposto que a compreensão dos fenômenos e suas especificidades provêm de estudos, possibilitando o conhecimento e a inter-relação entre os sujeitos e/ou variáveis; (ii) Dedutivo – a ocorrência de fenômenos específicos parte de teorias e leis; (iii) Indutivo – parte-se do conhecimento de fenômenos específicos para a formulação de teorias e leis; (iv) Hipotético-dedutivo – parte-se da premissa que o conhecimento não é universal, precisando ser testado por meio da declaração de hipóteses.

O método de pesquisa utilizado no presente estudo caracteriza-se pelo aspecto descritivo, pois mostra a correlação entre as variáveis (fatores que interferem no *lead time* logístico). Apresenta características dedutivas, uma vez que parte do geral (*lead time*) para o particular (*lead time* logístico e seus fatores de interferência em sistemas produtivos do setor metal-mecânico) com o objetivo de explicar as premissas da pesquisa.

De acordo com Cauchick Miguel et al (2010) esta tese caracteriza-se por ser uma pesquisa do tipo *survey* ou pesquisa de avaliação, visto que há a análise de uma amostra significativa de um problema a fim de extrair conclusões dessa amostra. Este estudo, no tocante à pesquisa científica pode ser classificado em diversos tipos, conforme o critério adotado, ou das variáveis observadas. Vergara (2006) propõe a classificação das pesquisas sob duas perspectivas: quanto aos meios e quanto aos fins. Sob essa ótica, esta pesquisa, quanto aos meios classifica-se em:

- descritiva, porque objetiva a descrição das características de determinada população, fenômeno, ou estabelecimento de relações entre variáveis, o qual aborda, aspectos como a descrição, o registro, a análise e a interpretação de fenômenos atuais. Além disso, permite a realização de descrições precisas da situação, procurando descobrir as relações existentes entre os elementos integrantes da pesquisa (GIL, 1999; SANTOS, 2002; LAKATOS; MARCONI, 2003; HAIR Jr. et al., 2005; VERGARA, 2006; ANDRADE, 2009).
- exploratória, uma vez que descreve sistematicamente uma área de interesse, ou fenômeno, ou seja, através de autores referencia e embasa o assunto a ser tratado, ao mesmo tempo em que procura entender um fenômeno, para, depois, poder explicar suas causas e consequências. Este estudo foi desenvolvido com o intuito de proporcionar uma visão geral acerca de determinado fato. Richardson (1999) afirma que os métodos descritivos, e os exploratórios, não são excludentes, sendo que, quando utilizados em conjunto, propiciam, ao pesquisador, a atuação prática.
- explicativa, tendo em vista que tem por objetivo identificar os fatores determinantes do fenômeno estudado (*lead time* logístico), estando mais suscetível a erros (VERGARA, 2006; ANDRADE, 2009).
- aplicada, pois provém da necessidade de resolver problemas concretos (VERGARA, 2006). Neste caso, o que se busca é a

identificação dos fatores que contribuem para o aumento do *lead time* logístico dos sistemas produtivos.

Quanto aos meios de investigação esta pesquisa classifica-se em:

- pesquisa de campo, visto que os dados empíricos foram obtidos através da interrogação direta das pessoas cujo comportamento deseja-se conhecer. Esse tipo de pesquisa é indicado quando se objetiva o conhecimento direto da realidade, a quantificação, economia de recursos e rapidez, porém, limita-se à ênfase nos aspectos perceptivos (SANTOS, 2002; VERGARA, 2006; ANDRADE, 2009). A pesquisa de campo justifica-se pelo rol de empresas selecionadas e pela diversidade de experiências e conhecimentos dos especialistas.
- bibliográfica, tendo em vista que sua finalidade consiste em integrar o pesquisador ao que já foi produzido a respeito do seu tema de pesquisa. Além disso, esse tipo de pesquisa permite organizar os dados bibliográficos referentes aos documentos obtidos e empregados na pesquisa científica, a partir de material já publicado (SANTOS, 2002; VERGARA, 2006; ANDRADE, 2009). Este estudo reúne e compila diversas fontes de referência, artigos, livros, textos pesquisados na *internet*, materiais publicados sobre o tema abordado, com o propósito de verificar o que os autores estão tratando e qual o direcionamento por eles conferido ao *lead time*.
- experimental, visto que se caracteriza pela manipulação e controle de variáveis, com o propósito de identificar qual variável independente determina a variável dependente e/ou o fenômeno (VERGARA, 2006; ANDRADE, 2009). Este estudo visa identificar quais os fatores influenciam o *lead time* logístico dos sistemas produtivos estudados.
- estudo multicase, uma vez que a pesquisa busca identificar e quantificar os fatores que influenciam no *lead time*, tendo como objeto de estudo e análise indústrias do setor metal-mecânico situadas na Região Sul do Brasil (Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná).

A análise científica, quanto à natureza, pode ser classificada em: (i) qualitativa, a qual tem por finalidade a compreensão dos eventos pesquisados, em que a validação da prova provém do processo lógico da interpretação e da capacidade de reflexão do pesquisador, a respeito do fato, fenômeno ou processo (NEVES, 1996); (ii) quantitativa, que visa a quantificação de fatores na explicação de um fenômeno, traduzindo em

números opiniões e informações para que se possa classificar e analisar, em outros termos, requer o uso de recursos e técnicas estatísticas (LAKATOS; MARCONI, 2003).

Bryman (1989) apud Cauchick Miguel et al (2010) afirma que a característica distintiva entre a pesquisa qualitativa e a quantitativa consiste na ênfase que a primeira dá à perspectiva do indivíduo que está sendo estudado. Para Demo (2001), essas abordagens não são dicotômicas nem excludentes, visto que buscam explicar um fenômeno sob diferentes perspectivas.

Esta tese possui natureza quali-quantitativa, sendo que a abordagem qualitativa visa descrever e decodificar os componentes de um sistema complexo de significados. Já a abordagem quantitativa se dá por meio da busca por evidências através da mensuração das variáveis, partindo da teoria para a dedução de hipóteses, que são soluções provisórias para o problema de pesquisa. Essas hipóteses a serem testadas originam a coleta de dados, os quais são analisados por meio de técnicas estatísticas. Além disso, neste tipo de pesquisa o pesquisador não interfere ou pouco interfere nas variáveis de pesquisa (CAUCHICK MIGUEL et al, 2010).

Por fim, antes de apresentar a estrutura desta pesquisa sintetiza-se suas características metodológicas no Quadro 6.

Quadro 6 – Características metodológicas da pesquisa.

CARACTERÍSTICA	CLASSIFICAÇÃO
Base filosófica	Estruturalista
Método de pesquisa	Descritivo e Dedutivo
Caracterização quanto aos fins	Descritiva, Exploratória, Explicativa e Aplicada
Caracterização quanto aos meios	Survey, Pesquisa de Campo, Bibliográfica, Experimental, Multicasos
Caracterização quanto à natureza	Qualitativa e Quantitativa

Fonte: Autora (2012).

A seguir são apresentados os parâmetros que norteiam o desenvolvimento deste estudo, enfatizando os aspectos utilizados para alcançar o objetivo proposto.

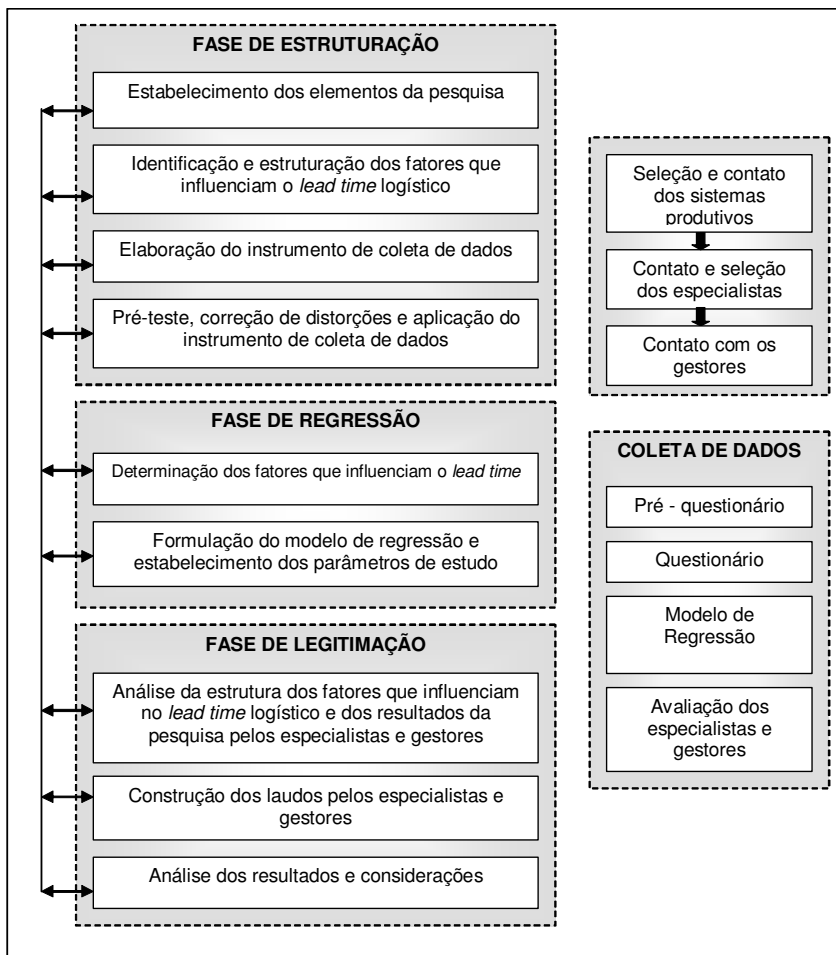
3.2 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA

Nesta seção é apresentada a descrição das atividades desenvolvidas nesta pesquisa.

3.2.1 Visão Geral da Metodologia

Para Silva e Menezes (2000) a pesquisa científica passa por um processo investigativo com etapas planejadas e devidamente dispostas. Destaca-se, nesta tese, a utilização de vários procedimentos e instrumentos de pesquisa, com o intuito de recolher as informações pertinentes ao estudo. Esta pesquisa pode ser dividida em três fases: (i) Fase de estruturação; (ii) Fase de regressão e (iii) Fase de legitimação, as quais são ilustradas na Figura 8.

Figura 8 - Fases do desenvolvimento da pesquisa.



Fonte: Autora (2012).

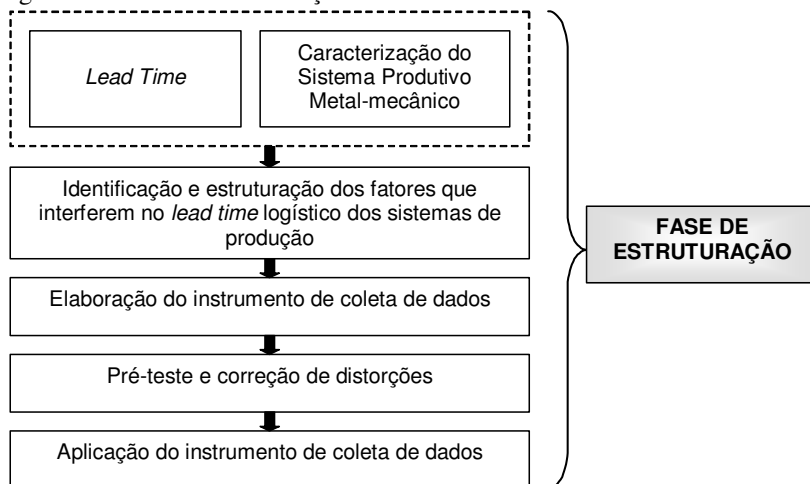
Na seção seguinte as etapas da pesquisa serão detalhadas.

3.2.2 Fase de Estruturação

A fase de estruturação consiste na parte introdutória deste estudo, sendo constituída pela pesquisa bibliográfica e construção do referencial teórico utilizado para o estabelecimento dos fatores que interferem no

lead time logístico, bem como da definição dos parâmetros norteadores da pesquisa, elaboração da estrutura hierárquica dos fatores que influenciam no *lead time*, elaboração do instrumento de coleta de dados (questionário) e pré-teste, seguidos da aplicação do mesmo junto a gestores de operações de indústrias do setor metal-mecânico. A Figura 9 apresenta um esquema da estrutura dessa fase da pesquisa.

Figura 9 - Fase de estruturação.



Fonte: Autora (2012).

Este estudo parte da análise da literatura existente sobre *lead time*, a partir da qual se construiu uma estrutura hierárquica contendo os fatores que interferem no *lead time* logístico. Essa estrutura estabelece os fatores que podem interferir no *lead time* logístico dos sistemas de produção, adaptado da perspectiva de Christopher (2008), que estabelece os componentes do *lead time*, partindo de cinco subgrupos: *lead times* comercial e de planejamento; *lead times* dos materiais; *lead times* para montagem; *lead times* para a distribuição e *lead times* para instalação (VER SEÇÃO 2.2).

Vale destacar que, na definição da estrutura proposta, levou-se em conta o referencial teórico consultado para a elaboração desta tese, bem como percepções acerca da realidade industrial. Tendo estabelecido esta estrutura hierárquica partiu-se para a elaboração do instrumento de coleta de dados (questionário). Ressalta-se que os dados empíricos, utilizados neste estudo, são primários - coletados pelo pesquisador, por meio da aplicação de questionários.

Primeiramente foi elaborado um questionário destinado a indústrias do setor metal-mecânico localizadas na região sul do Brasil (Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná) filiadas às Federações das Indústrias dos respectivos Estados.

Esse questionário, após a elaboração, foi aplicado com uma pessoa vinculada a uma indústria do setor em estudo, o qual passou por um refino originando uma prévia que passou pelo pré-teste. Antes da aplicação do questionário junto aos sistemas produtivos foi efetuado um pré-teste com cerca de dez membros de indústrias do setor metal-mecânico, a fim de verificar a coerência dos questionamentos e efetuar possíveis correções para, posteriormente, aplicar o instrumento de coleta de dados às demais empresas – a fim de construir um instrumento que refletisse a realidade no tocante ao *lead time* logístico.

No que diz respeito ao tamanho da amostra, para Fonseca e Martins (2008) essa consiste em uma parcela da população. Os planos amostrais podem ser de dois tipos (CAUCHICK MIGUEL et al, 2010): (i) probabilísticos, os quais possibilitam fazer inferência dos resultados para a população, o que tende a ter um custo elevado, demandar mais tempo e fazer o sorteio aleatório dos elementos a serem amostrados; (ii) não probabilísticos, que são menos custosos e mais rápidos, apesar da restrição da inferência dos resultados obtidos.

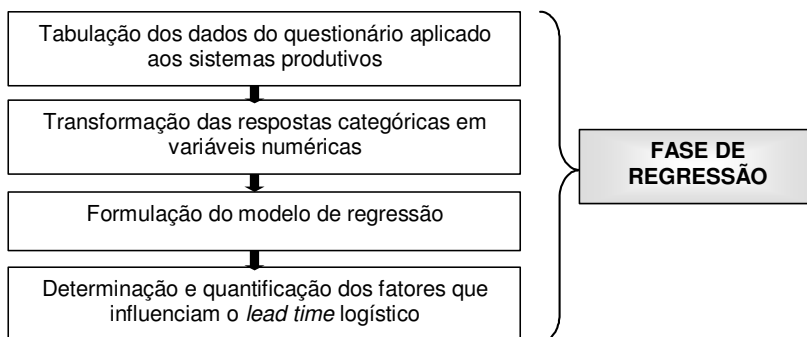
Devido à dificuldade de encontrar um modelo adequado para o cálculo da amostra desta pesquisa, por conta das suas peculiaridades, adotou-se o envio do instrumento de coleta de dados a aproximadamente 700 empresas cadastradas junto às respectivas Federações.

Dessa forma, a amostra utilizada foi não probabilística, tendo em vista que os elementos questionados e os dados obtidos não são homogêneos em relação à característica de interesse e não seguem uma distribuição de probabilidade normalmente distribuída. Dos questionários enviados, obteve-se um total de quarenta e nove respostas, que configuraram a amostra desta pesquisa.

3.2.3 Fase de Regressão

Com o resultado da pesquisa de campo, realizada por meio dos questionários junto aos sistemas produtivos do setor metal-mecânico, os dados coletados foram tabulados e as variáveis categóricas foram transformadas em variáveis numéricas. Após esta transformação, foi construído o modelo de regressão para verificar a importância de cada fator na composição do *lead time* logístico da indústria, conforme esquema apresentado na Figura 10.

Figura 10 – Fase de regressão.



Fonte: Autora (2012).

A formulação do modelo de regressão foi efetuada por meio de *software* estatístico – SPSS (*Statistical Package for Windows*), versão PASW 18. O modelo de regressão foi selecionado por se julgar ser o mais adequado ao desenvolvimento do modelo proposto.

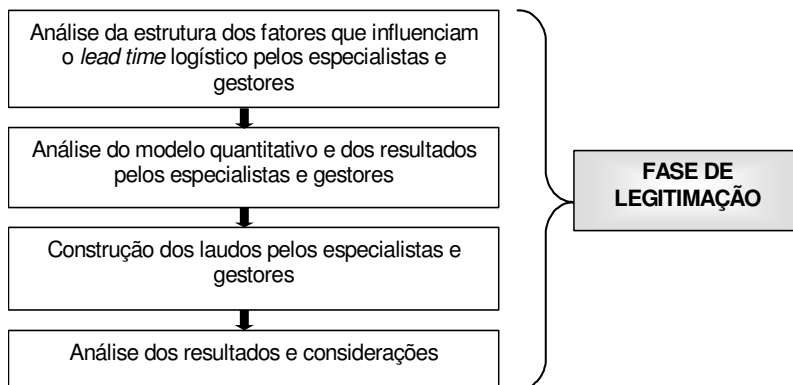
A significância e a correlação entre o *lead time* e os fatores pesquisados foram determinadas por meio do modelo de regressão linear múltipla, sendo que os coeficientes das variáveis de maior significância e correlação determinam a sua influência no *lead time* logístico dos sistemas de produção. O ferramental estatístico utilizado para tanto está descrito no capítulo 4.

Tendo em vista o pequeno número de questionários respondidos e a impossibilidade de fazer a validação com parte destes dados, optou-se por substituir a fase de validação pela legitimação dos resultados.

3.2.4 Fase de Legitimação

Nesta fase da pesquisa busca-se determinar ou não o aceite e a legitimação por parte dos especialistas no tocante a: (i) estrutura hierárquica dos fatores que influenciam o *lead time* logístico dos sistemas produtivos do setor metal-mecânico; e (ii) modelo de regressão, o qual expressa o peso dos fatores significativos que influenciam o *lead time* logístico de sistemas produtivos metal-mecânico, conforme estrutura exposta na Figura 11.

Figura 11 – Fase de legitimação.



Fonte: Autora (2012).

A legitimação tem o propósito de mostrar que a estrutura hierárquica dos fatores que influenciam o *lead time* logístico dos sistemas produtivos metal-mecânico e os resultados encontrados no modelo quantitativo atendem ao objetivo proposto, confirmando (ou não) a hipótese estabelecida.

Rajeradrán (2006) apud Voltolini (2010) afirma que a representatividade dos especialistas não é assegurada pela quantidade e sim pela qualidade dos profissionais selecionados. Dessa forma, os especialistas formalizam suas opiniões (laudo) sobre os resultados da pesquisa com base na sua experiência acadêmica e profissional para embasar a análise final e as considerações.

3.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

Neste capítulo foram apresentados os passos metodológicos que nortearam o desenvolvimento do trabalho.

Quanto à base filosófica, esta pesquisa está classificada em estruturalista, cujo método de pesquisa caracteriza-se por ser descritivo e dedutivo. Além disso, caracteriza-se, quanto aos fins, por ser descritiva, exploratória, explicativa e aplicada. Já quanto aos meios, trata-se de uma pesquisa de campo, bibliográfica, experimental, multicasos e *survey*. Por fim, possui natureza quali-quantitativa, a fim alcançar o objetivo proposto.

A estrutura metodológica seguida no desenvolvimento desta pesquisa está dividida em três fases: (i) estruturação, que consistiu na

fase inicial da pesquisa e na estruturação de forma hierárquica dos fatores que influenciam o *lead time* logístico de sistemas produtivos metal-mecânico, bem como nas etapas de aplicação do instrumento de coleta de dados; (ii) fase de regressão, que consiste na elaboração do modelo quantitativo; (iii) fase de legitimação, que consiste na confirmação (ou não) dos resultados encontrados.

No capítulo seguinte é apresentado o ferramental estatístico que dá suporte ao tratamento e análise dos dados. Os resultados serão apresentados e analisados no capítulo 5.

4 FERRAMENTAL ESTATÍSTICO

No ambiente industrial a maioria dos eventos ocorridos envolve muitas variáveis e/ou fatores que interferem nos acontecimentos. Esse contexto é ampliado à medida que a complexidade do ambiente aumenta, devendo os gestores utilizar métodos cada vez mais sofisticados para análise dos dados (HAIR Jr. et al, 2005).

Apesar da gama de técnicas estatísticas que podem ser utilizadas para analisar um problema, neste estudo foca-se nos modelos de regressão. Esta técnica vem sendo utilizada em diversas áreas do conhecimento, e seu objetivo é identificar quais variáveis independentes explicam o comportamento da variável dependente (HOSMER; LEMESHOW, 1989).

A regressão busca a comparação de variáveis X e Y , bem como a influência de uma variável em outra(s) ou em um evento. Para Devore (2006), o objetivo da regressão é explorar a relação entre duas ou mais variáveis, a fim de possibilitar a obtenção de informações acerca de uma das variáveis por meio das informações obtidas nas demais.

O termo regressão consiste na relação funcional entre duas variáveis correlacionadas (CHASE, JACOBS, AQUILANO, 2006), sendo utilizado para prever uma variável a partir de outra. Segundo Devore (2006), as variáveis podem se relacionar de forma determinística ou de forma não determinística. As variáveis que se relacionam de forma determinística são as que mais importam e impactam nos modelos de regressão, uma vez que, nesses casos, sabendo o valor de X , o valor exato de Y torna-se conhecido. Já nos modelos cujas variáveis não se correlacionam de forma determinística, qualquer alteração em uma variável não está diretamente relacionado à outra.

Nos modelos de regressão pode-se utilizar tanto medidas quantitativas, como altura, peso, volume, valor monetário ou número de unidades, entre outras, quanto medidas qualitativas e/ou categóricas, como sexo, classe social, alto e baixo, dia da semana, mês do ano, entre outras. Existem diversos modelos de regressão que podem ser utilizados, sendo que esses variam de acordo com o problema a ser analisado e com a correlação entre as variáveis consideradas.

Abordar-se-á a regressão linear simples e a múltipla, além da correlação, do coeficiente de determinação e dos fatores que interferem na determinação das variáveis e na significância do modelo, os quais são expostos e explicados na sequência.

4.1 REGRESSÃO LINEAR SIMPLES

A regressão linear simples representa o relacionamento linear entre uma variável de interesse e a variável selecionada. Para Devore (2006), a relação linear entre duas variáveis consiste na relação matemática determinística mais simples, sendo estabelecida da seguinte forma:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x \quad (4.1)$$

sendo que:

y = variável dependente

x = variável independente

β_0 = termo constante

β_1 = coeficiente angular

A regressão linear simples é determinada por uma reta, cujo modelo estabelecido pela mesma é probabilístico linear. Conforme Devore (2006) e Mendenhall e Sincich (2003), a variável estipulada pelo pesquisador é representada por x e denominada de variável independente ou explicativa. Uma vez que x é fixo a outra variável será aleatória, sendo representados por y , os quais são denominados de variável dependente ou resposta.

Essas observações são efetuadas para o conjunto de variáveis x e y a serem testadas. O primeiro passo para analisar a correlação entre essas variáveis é elaborar um gráfico de dispersão, sendo que cada x e y observado é representado por um ponto em um sistema de coordenadas bidimensional, para posteriormente determinar a relação funcional existente entre a variável x e Y por meio do método dos mínimos quadrados. Ao projetar esse modelo determinístico genérico para um modelo probabilístico, pressupõe-se que o valor esperado de Y é uma função linear de x , entretanto, para um x fixo a variável Y difere do valor esperado de uma quantidade aleatória (DEVORE, 2006), sendo introduzido ao modelo um erro aleatório que forma a equação do modelo que segue:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon \quad (4.2)$$

sendo que:

Y = variável dependente

x = variável independente

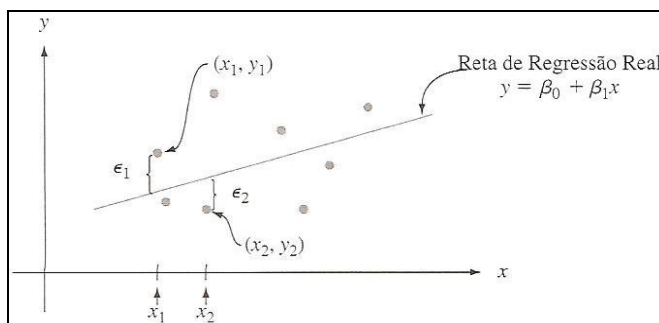
β_0 = termo constante

β_1 = coeficiente angular

ε = variável aleatória

Neste modelo, ε é uma variável aleatória, considerada normalmente distribuída com $E(\varepsilon) = 0$ e $V(\varepsilon) = \sigma^2$, uma vez que ε consiste no desvio ou erro aleatório, fazendo com que qualquer par observado não corresponda a um ponto disposto exatamente na reta de regressão real ou da população observada (DEVORE, 2006). A partir da introdução do erro aleatório ao modelo é possível que algum ponto se encontre acima da reta real (quando $\varepsilon > 0$) ou abaixo (quando $\varepsilon < 0$), conforme ilustra a Figura 12.

Figura 12 – Pontos correspondentes a observações do modelo de regressão linear simples.



Fonte: Devore (2006, p. 436).

Ao projetar uma população completa de pares (x, y) , surge uma notação alternativa $(\mu_{y.x^*})$, a qual se refere à média de todos os valores

y para os quais $x = x^*$ e $\sigma^2_{Y.x^*}$ é a medida de dispersão dos valores em torno do valor médio. Isso significa que:

$$\mu_{Y.x^*} = E(\beta_0 + \beta_1 x^* + \varepsilon) = \beta_0 + \beta_1 x^* + E(\varepsilon) = \beta_0 + \beta_1 x^* \quad (4.3)$$

$$\sigma^2_{Y.x^*} = V(\beta_0 + \beta_1 x^* + \varepsilon) = V(\beta_0 + \beta_1 x^*) + V(\varepsilon) = 0 + \sigma^2 = \sigma^2 \quad (4.4)$$

onde:

x = variável independente

x^* = valor particular da variável x

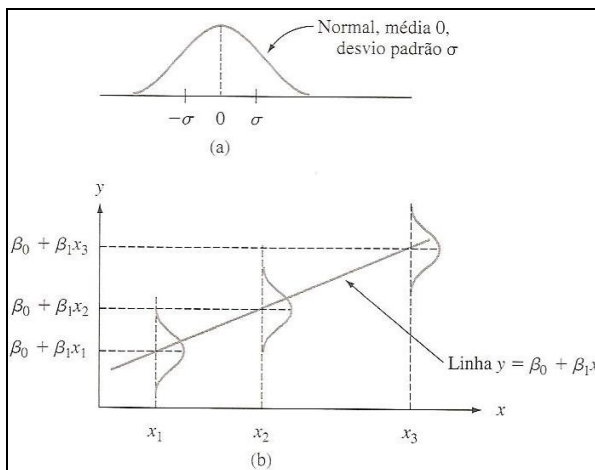
$\mu_{Y.x^*}$ = valor esperado (ou médio) de Y quando $x = x^*$

$\sigma^2_{Y.x^*}$ = variância de Y quando $x = x^*$

σ^2 = variância

Ao substituir x^* em $\mu_{Y.x^*}$ por x , obtém-se a relação $\mu_{Y.x} = \beta_0 + \beta_1 x$, a qual estabelece que o valor médio de Y é uma função linear de x . Pode-se dizer que a reta de regressão real é uma reta de valores médios, cujo coeficiente angular β_1 é interpretado como a mudança esperada em Y associada a uma unidade de aumento no valor de x . Já a segunda relação estabelece uma homogeneidade da variância (a variabilidade na distribuição de valores Y é a mesma em cada valor diferente de x). E, para um x fixo, Y é a soma de $\beta_0 + \beta_1 x$, configurando uma distribuição normal (DEVORE, 2006), conforme ilustra a Figura 13.

Figura 13 – (a) Distribuição de \mathcal{E} ; (b) distribuição de Y para diferentes valores de x .



Fonte: Devore (2006, p. 437).

O parâmetro de variância σ^2 determina a dispersão da curva normal ao redor de seu valor médio (altura da reta). Quando σ^2 é pequeno, um ponto (x, y) normalmente está próximo à reta de regressão real, ao passo que as observações podem se desviar dos valores esperados quando σ^2 é grande (distância da reta).

A estimativa da reta de regressão real é que essa ofereça a melhor aderência aos dados observados. Dessa forma, uma reta oferece boa aderência aos dados quando as distâncias verticais (desvios) dos pontos observados em relação à reta são pequenas (DEVORE, 2006). A aderência é medida pela soma dos quadrados desses desvios, sendo que a reta com melhor aderência é a que possui a menor soma de desvios quadrados. Isso induz ao princípio dos mínimos quadrados, que estabelece que o desvio vertical de um ponto (x_i, y_i) da reta $y = b_0 + b_1 x$ é:

$$\text{Altura do ponto} - \text{altura da reta} = y_i - (b_0 + b_1 x_i) \quad (4.5)$$

A soma dos desvios quadrados verticais dos pontos $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$ à reta é (DEVORE, 2006):

$$f(b_0, b_1) = \sum_{i=1}^n [y_i - (b_0 + b_1 x_i)]^2 \quad (4.6)$$

As estimativas pontuais dos mínimos quadrados (β_0 e β_1 , representados por $\hat{\beta}_0$ e $\hat{\beta}_1$) consistem nos valores que minimizam $f(b_0, b_1)$, ou seja, $\hat{\beta}_0$ e $\hat{\beta}_1$ são tais que $f(\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1) \leq f(b_0, b_1)$, para qualquer b_0 e b_1 . Portanto, a reta de regressão estimada, ou de mínimos quadrados, é a reta cuja equação pode ser expressa da seguinte forma:

$$y = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x \quad (4.7)$$

O método dos mínimos quadrados assegura que essa reta representa a melhor relação linear entre a variável independente e a variável dependente, procurando minimizar os erros na previsão (HAIR Jr. et al, 2005). Tecnicamente, quando a reta de regressão é obtida por meio do princípio dos mínimos quadrados a soma dos resíduos deve ser zero. Em outras palavras, os valores ajustados $\hat{y}_1, \hat{y}_2, \dots, \hat{y}_n$ são obtidos substituindo sucessivamente x_1, x_2, \dots, x_n na equação da regressão estimada $\hat{y}_1 = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1, \hat{y}_2 = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_2, \dots, \hat{y}_n = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_n$, sendo que os resíduos consistem nos desvios verticais $y_1 - \hat{y}_1, y_2 - \hat{y}_2, \dots, y_n - \hat{y}_n$ da reta estimada (DEVORE, 2006).

Quando os resíduos são de pequena magnitude, a variabilidade nos valores observados de y decorre da relação linear entre x e y . No entanto, a grande quantidade de resíduos grandes implica na elevada variabilidade de y em relação à quantidade decorrente da relação linear (DEVORE, 2006). Para estimar a variância nos modelos de regressão deve-se elevar ao quadrado e somar os resíduos. Dessa forma, para analisar a regressão, toma-se como ponto de referência a soma dos

quadrados dos erros (SQE), que equivale à soma dos quadrados dos resíduos (SQR), podendo ser expressa da seguinte forma (DEVORE, 2006):

$$SQE = \sum \left(y_i - \hat{y}_i \right)^2 = \sum \left[y_i - \left(\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_i \right) \right]^2 \quad (4.8)$$

E a estimativa da variância σ^2 é dada por (DEVORE, 2006):

$$\hat{\sigma}^2 = s^2 = \frac{SQE}{n-2} = \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-2} \quad (4.9)$$

Sendo que $n-2$ em s^2 consiste no número de graus de liberdade associados à estimativa. Isto posto desde que $SQE < SQT$ em decorrência da inclusão de x (tanto maior quanto maior a relação causal e o coeficiente de correlação entre elas). A SQR (Soma dos Quadrados da Regressão) pode ser expressa pela subtração da SQE da SQT (Soma dos Quadrados Totais), como apresentado na fórmula abaixo (DEVORE, 2006):

$$SQR = SQT - SQE \quad (4.10)$$

Conforme Chase, Jacobs e Aquilano (2006, p. 354) “a regressão linear é útil para previsão de longo prazo de eventos principais e planejamento agregado”. Porém, a ressalva quanto a essa técnica é que supõe que os dados passados e as previsões futuras ocorram ao longo de uma linha reta.

Os autores supramencionados afirmam que este tipo de regressão pode ser utilizado para períodos mais curtos de tempo. Pode-se afirmar que a regressão consiste em uma teoria preliminar que combina conhecimentos adquiridos com uma lógica empírica, agregando comprovações estatísticas.

4.1.1 Coeficiente de Determinação (r^2)

O cálculo do coeficiente de determinação é importante para avaliar as relações entre as variáveis. Com a determinação dos coeficientes é possível atuar sobre as causas dos problemas e não apenas sobre os efeitos por eles causados, propiciando às empresas as vantagens advindas de uma postura pró-ativa sobre a postura reativa.

A partir da definição do coeficiente de determinação é possível obter a proporção de variação em y que pode ser explicada pela variação em x , uma vez que esse parâmetro pondera matematicamente a separação de y nas suas duas partes distintas (a parte representada pela previsão e a parte proveniente do erro).

Esse coeficiente mede a redução da variabilidade total de y associada ao uso da variável x (MENDENHALL e SINCICH, 2003). O coeficiente de determinação é representado por r^2 e pode ser determinado da seguinte forma (DEVORE, 2006):

$$r^2 = 1 - \frac{SQE}{SQT} \quad (4.11)$$

onde:

r^2 = coeficiente de determinação

SQE = soma dos quadrados dos erros

SQT = soma dos quadrados totais

Para Devore (2006), esse coeficiente pode ser interpretado como a proporção da variação de y observada que pode ser explicada pelo modelo de regressão linear simples (relação atribuída entre x e y). Quanto maior o valor de r^2 mais o modelo de regressão linear simples consegue explicar a variação em y . Entretanto, se r^2 for pequeno, procurar-se-á um modelo alternativo (não linear ou de regressão múltipla com mais de uma variável independente) para explicar o comportamento da variável y . O valor de r^2 varia entre 0 e 1 ($0 < r^2 < 1$) (DEVORE, 2006).

4.1.2 Coeficiente de Correlação (r)

A correlação e os coeficientes por ela utilizados para representar a inter-relação entre as variáveis estudadas consistem na medida do quanto duas variáveis estão relacionadas entre si. O coeficiente de correlação (r) explica quão duas variáveis estão relacionadas em uma amostra. Ao considerar n pares de observações, quando x grandes forem pareados com y grandes e x pequenos pareados com y pequenos pressupõe-se uma relação positiva entre essas variáveis. Em contrapartida, se forem pareados x grandes com y pequenos e x pequenos com y grandes, a relação entre as variáveis é negativa (DEVORE, 2006), conforme demonstra a fórmula que segue:

$$s_{xy} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i \right) / n \quad (4.12)$$

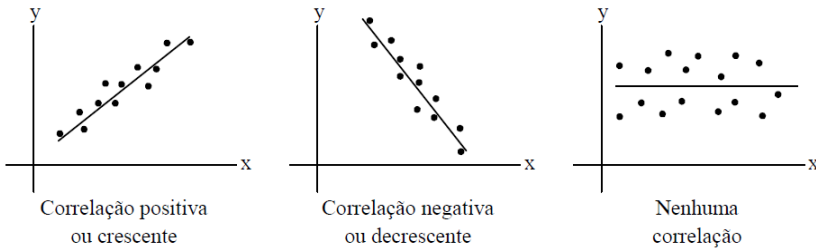
onde:

s_{xy} = estimativa

n = pares de observações $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$

Se a relação for fortemente positiva, um x_i acima da média \bar{x} tenderá a estar pareado com um y também acima da média \bar{y} de modo que $(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) > 0$ e esse produto também é positivo quando x_i e y_i estiverem abaixo das respectivas médias (DEVORE, 2006). Uma relação positiva ocorre quando s_{xy} é positiva e vice-versa, conforme ilustra a Figura 14.

Figura 14 – Gráfico de dispersão em S_{xy} .



Fonte: Construído a partir de Devore (2006).

Entretanto, S_{xy} apresenta a desvantagem de poder ser arbitrariamente grande em magnitude ou arbitrariamente próxima a zero, assim, a condição imposta às medidas sobre quão forte x e y estão relacionados independe das unidades utilizadas para medi-los, sendo que essa condição é alcançada por meio do coeficiente de correlação (r), que pode ser obtido da seguinte forma (DEVORE, 2006):

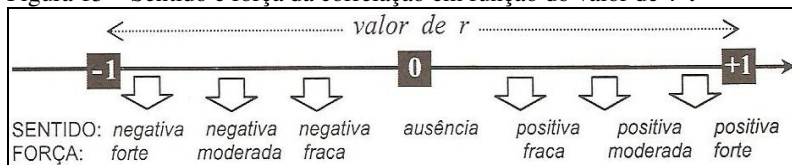
$$r = \frac{S_{xy}}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_{xx}} \sqrt{S_{yy}}} \quad (4.13)$$

Onde x_1, x_2, \dots, x_n e y_1, y_2, \dots, y_n são os valores medidos de ambas as variáveis, assim como \bar{x} e \bar{y} são as médias aritméticas de ambas as variáveis. Pode-se dizer que a análise correlacional indica a relação entre duas variáveis lineares e os valores sempre serão entre $+1$ e -1 .

O sinal de r indica o sentido da correlação, se positiva indica que y cresce quando x também cresce e se negativa indica que y decresce quando x cresce. Quanto mais próximo de zero for o valor do coeficiente de correlação menor será a indicação de que as variáveis estejam correlacionadas linearmente. A Figura 15 expõe os possíveis

valores de r e a interpretação em termos de sentido (positivo e negativo) e da força (fraca, moderada ou forte) da correlação.

Figura 15 – Sentido e força da correlação em função do valor de r .



Fonte: Barbetta (2005, p. 278).

De acordo com Devore (2006) e Mendenhall e Sincich (2003) têm-se algumas propriedades de r a serem consideradas no momento de determinar a correlação, as quais são:

- o valor de r independe de qual das variáveis em estudo é denominada de x ou de y ;
- o valor de r independe das unidades nas quais x e y são medidos;
- $-1 \leq r \leq 1$;
- $r = 1$, se e somente se todos os pares (x_i, y_i) estiverem alinhados em linha reta com um coeficiente angular positivo, caso contrário, se todos os pares (x_i, y_i) estiverem alinhados com um coeficiente angular negativo, $r = -1$;
- o quadrado do coeficiente de correlação fornece o valor do coeficiente de determinação que resulta de um ajuste do modelo de regressão linear simples $((r)^2 = r^2)$.

4.1.3 Coeficiente Angular β_1 e Teste de Utilidade do Modelo

Os valores amostrais variam de uma amostra para outra, assim como os valores do coeficiente angular, do termo constante e do desvio padrão estimado também variam, alterando a configuração da reta dos mínimos quadrados (DEVORE, 2006; MENDENHALL e SINCICH,

2003). Dessa forma, o coeficiente angular β_1 da reta de regressão “é a mudança média real na variável dependente y associada com um aumento de 1 unidade na variável independente x ” (DEVORE, 2006, p. 453).

Conforme o mesmo autor supramencionado, o coeficiente $\hat{\beta}_1$, da reta dos mínimos quadrados, fornece uma estimativa pontual de β_1 , podendo ser considerado como estatística cuja distribuição amostral precisa ser investigada. Supondo que os diversos valores de x_i , escolhidos antes da execução do experimento, e os correspondentes valores aleatórios Y_i , pode-se obter os estimadores de β_0 e β_1 substituindo y_i por Y_i nas seguintes equações:

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(Y_i - \bar{Y})}{\sum (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{e} \quad \hat{\beta}_0 = \frac{\sum Y_i - \hat{\beta}_1 \sum x_i}{n} \quad (4.14)$$

O estimador de σ^2 resulta da substituição de cada y_i na fórmula de obtenção de S^2 por Y_i (DEVORE, 2006; MENDENHALL e SINCICH, 2003):

$$\hat{\sigma}^2 = S^2 = \frac{\sum Y_i^2 - \hat{\beta}_0 \sum Y_i - \hat{\beta}_1 \sum x_i Y_i}{n - 2} \quad (4.15)$$

O denominador de $\hat{\beta}_1$, $S_{xx} = \sum (x_i - \bar{x})^2$ depende exclusivamente dos valores de x_i , de modo que ele é uma constante. Para Devore (2006), pelo fato de $\sum (x_i - \bar{x})\bar{Y} = \bar{Y} \sum (x_i - \bar{x}) = 0$, o estimador do coeficiente angular pode ser escrito da forma que segue:

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})Y_i}{S_{xx}} = \sum c_i Y_i \quad \text{onde} \quad c_i = (x_i - \bar{x}) / S_{xx} \quad (4.16)$$

Portanto, $\hat{\beta}_1$ consiste em uma função linear das variáveis independentes Y_1, Y_2, \dots, Y_n , sendo cada uma delas distribuída de forma normal. A partir do coeficiente angular β_1 é possível verificar a variação da reta dos mínimos quadrados em relação à reta real da regressão.

As suposições do modelo de regressão, quando linear simples, significam que a variável padronizada T , exposta a seguir, tem uma distribuição t com $n-2$ graus de liberdade (DEVORE, 2006).

$$T = \frac{\hat{\beta}_1 - \beta_1}{S / \sqrt{S_{xx}}} = \frac{\hat{\beta}_1 - \beta_1}{S_{\hat{\beta}_1}} \quad (4.17)$$

Para testar as hipóteses acerca da determinação do coeficiente angular β_1 considera-se a hipótese nula uma declaração de igualdade, sendo que a estatística de teste resulta da substituição de β_1 na variável padronizada T pelo valor nulo β_{10} (DEVORE, 2006). A partir da padronização do estimador β_1 , H_0 é verdadeira ($H_0: \beta_1 = \beta_{10}$), fazendo com que a distribuição t tenha $n-2$ graus de liberdade, de modo que a probabilidade do erro tipo I é controlada pelo nível desejado de α , considerando um valor crítico t apropriado. O valor da estatística de teste pode ser obtido da seguinte forma (DEVORE, 2006):

$$t = \frac{\hat{\beta}_1 - \beta_{10}}{S_{\hat{\beta}_1}} \quad (4.18)$$

Para isso consideram-se as hipóteses alternativas para cada região de rejeição do teste de nível α , conforme exposto a seguir:

$$\begin{aligned} H_a : \beta_1 &> \beta_{10} & t &\geq t_{\alpha, n-2} \\ H_a : \beta_1 &< \beta_{10} & t &\leq t_{\alpha, n-2} \end{aligned}$$

$$H_a : \beta_1 \neq \beta_{10} \quad \text{ou} \quad t \geq t_{\alpha/2, n-2} \quad \text{ou} \quad t \leq -t_{\alpha/2, n-2}$$

Tais questões são utilizadas para testar a utilidade do modelo a ser considerado, sendo que o teste de $H_0 : \beta_1 = 0$ versus $H_a : \beta_1 \neq 0$, caso

em que o valor da estatística de teste (t) é a razão $\frac{\hat{\beta}_1}{S_{\hat{\beta}_1}}$ (DEVORE,

2006). Por meio deste teste consegue-se determinar o quão útil é o modelo determinado na resolução do problema considerado, bem como quanto a variável independente determina a variável dependente.

4.2 REGRESSÃO MÚLTIPLA

A regressão múltipla envolve três ou mais variáveis, as quais são consideradas estimadoras, ou seja, possui uma única variável dependente (Y), porém duas ou mais variáveis independentes (explanatórias) (X_1, X_2, \dots, X_k). Pode-se dizer que as variáveis independentes adicionais visam melhorar a capacidade de predição em confronto com a regressão linear simples (BARBETTA, 2005; DEVORE, 2006; MENDENHALL e SINCICH, 2003). Barbetta (2005, p. 304) afirma que nessa análise

procura-se construir um modelo estatístico-matemático para se estudar objetivamente a relação entre as variáveis independentes e a variável dependente e, a partir do modelo, conhecer a influência de cada variável independente, como também, prever a variável dependente em função do conhecimento das variáveis independentes.

Para o mesmo autor supramencionado, considera-se Y uma variável quantitativa contínua e X_1, X_2, \dots, X_k variáveis quantitativas ou indicadores de atributos. Um indicador de atributo é uma variável que tem valor 1 quando o atributo está presente e valor 0 quando não está presente.

Com isso, o coeficiente do intercepto, o qual, em regressão, significa a parte da variável dependente explicada por outras variáveis,

que não as consideradas no modelo, é reduzido. Mesmo quando interessa só o efeito de apenas uma das variáveis, é aconselhável incluir outras capazes de afetar Y , efetuando uma análise de regressão múltipla a fim de: (i) reduzir os resíduos estocásticos, uma vez que, ao reduzir a variância residual (erro padrão da estimativa), é possível aumentar a força dos testes de significância e; (ii) eliminar a tendenciosidade (DEVORE, 2006; MENDENHALL e SINCICH, 2003).

A expressão geral do modelo de regressão múltipla é dada por (DEVORE, 2006):

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon \quad (4.20)$$

sendo que:

Y = valor da variável determinada pela regressão

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ = parâmetros a serem estimados com os dados

ε = variável aleatória (erro)

Uma vez que $Y = X\beta + \varepsilon$ e ε é um vetor de variáveis aleatórias independentes e normalmente distribuídas e o vetor das observações Y possui uma média de $E(Y) = X\beta$ e variância de

$\sigma^2(Y) = \sigma^2 I$. Esses vetores podem ser representados de forma gráfica.

No entanto, as representações gráficas podem apresentar dificuldades, quando (DEVORE, 2006):

- existe uma relação probabilística não-linear entre x e y ;
- a variância do erro (e de Y) não é constante, mas depende de x ;
- o modelo selecionado se ajusta aos dados, exceto para alguns valores discrepantes, os quais podem ter influenciado a escolha da função mais ajustada;
- o erro (ε) não possui uma distribuição normal de probabilidade;
- o subscrito i indica a sequência temporal das observações, e os valores dos erros (ε_i) expõem dependência ao longo do tempo;
- uma ou mais variáveis de interesse foram suprimidas no modelo.

4.2.1 Modelos com Previsores para Variáveis Categóricas

Nos modelos de regressão até então trabalhados considerou-se apenas variáveis de previsão quantitativa (numérica). Entretanto, variáveis qualitativas (categóricas) podem ser incorporadas ao modelo, por meio de uma transformação e codificação numérica simples. São estabelecidos dois tipos de modelos considerando variáveis qualitativas, (i) os que admitem variáveis dicotômicas, isto é, duas categorias possíveis (sim e não) ou (ii) um maior número de variáveis independentes que estabelecerão o valor da variável dependente (DEVORE, 2006).

No caso em que se considera duas categorias possíveis é associada uma variável *dummy*, ou indicadora x , cujos valores admissíveis são 0 e 1, os quais indicam se uma categoria é relevante para uma dada observação em particular (DEVORE, 2006). Dessa forma, um modelo possível para a regressão é:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \varepsilon \quad (4.21)$$

onde:

Y = variável dependente do modelo de regressão múltipla

$Y = \beta_0 + \beta_2 x_2$, quando $x_1 = 0$

$Y = \beta_0 + \beta_1 + \beta_2 x_2$, quando $x_1 = 1$

x = variáveis independentes do modelo de regressão

ε = variável aleatória

Também há a possibilidade de interação entre os previsores na forma $Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_1 x_2 + \varepsilon$, o que indica que $Y = \beta_0 + \beta_2 x_2$ quando $x_1 = 0$ e que $Y = \beta_0 + \beta_1 + (\beta_2 + \beta_3) x_2$ quando $x_1 = 1$. Já no caso de haver três categorias de variáveis define-se uma única variável codificada como 0, 1 e 2 correspondendo às três categorias (DEVORE, 2006). Porém, essa forma de tratar as categorias impõe uma ordenação nas mesmas. O ideal é estabelecer duas diferentes variáveis *dummy*, ampliando o modelo de regressão.

De forma genérica, o autor supramencionado afirma que incorporar uma variável categórica com c categorias possíveis em um

modelo de regressão múltipla requer o uso de $c-1$ variáveis indicadoras, visto que uma variável categórica pode incorporar vários previsores ao modelo.

4.2.2 Coeficiente de Determinação Ajustado (r_a^2)

No modelo de regressão múltipla ocorre a adição de variáveis explanatórias, que aumentam o coeficiente de determinação utilizado na regressão. Dessa forma, com o aumento do r^2 utiliza-se, em determinadas circunstâncias, o coeficiente de determinação ajustado (corrigido) para os graus de liberdade, sendo que esse é dado por (DEVORE, 2006):

$$r_a^2 = 1 - \frac{\frac{SQE}{n-1}}{\frac{SQT}{n-1}} = 1 - \left(\frac{n-1}{n-p} \right) \frac{SQE}{SQT} \quad (4.22)$$

onde:

r_a^2 = coeficiente de determinação ajustado;

SQE = soma dos quadrados dos erros;

SQT = soma dos quadrados totais;

n = número de observações;

p = número de parâmetros do modelo.

Apesar do coeficiente de determinação ser a medida mais utilizada para avaliar a relação entre variáveis de um dado problema, também pode apresentar desvantagens em seu uso dependendo do problema considerado. Além disso, a SQE diminui com inclusão de novas variáveis (quanto maior o número de variáveis no modelo menor é a SQE).

4.2.3 Teste de Utilidade dos Modelos de Regressão Múltipla

Para Devore (2006, p. 518) “quando os dados são multivariados, não existe nenhuma figura introdutória análoga a um gráfico de dispersão para indicar se um determinado modelo de regressão múltipla

será considerado útil”. O valor de r^2 confere um direcionamento preliminar, uma vez que quanto maior o valor desse coeficiente melhor é o modelo de regressão. Porém, o valor de r^2 pode ser ilusório no momento em que é aumentado pelo elevado número de previsores (k grande) em relação ao tamanho da amostra n , constituindo o ajuste de r^2 .

Enquanto na regressão linear simples a hipótese nula ($H_0 : \beta_1 = 0$), conforme a qual inexistente relação útil entre y e o único preditor x , na regressão múltipla considera-se $\beta_1 = 0, \beta_2 = 0, \dots, \beta_k = 0$, expressando que não há nenhuma relação útil entre y e qualquer um dos k preditores (DEVORE, 2006). Caso algum desses preditores de β não for 0, os preditores correspondentes serão úteis ao modelo.

O teste de utilidade dos modelos de regressão múltipla baseia-se em uma estatística a qual tem uma distribuição F quando H_0 é verdadeira. Sob esse prisma, Hair Jr. et al. (2005, p. 326) afirmam que o teste F é utilizado para “comparar a variância explicada pela regressão para a variância não-explicada (residual) e o resultado nos diz se a relação global é estatisticamente significativa”. Além da hipótese nula ($H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$) também é considerada uma hipótese alternativa (H_a), se pelo menos um $\beta_i \neq 0$ ($i = 1, \dots, k$). Dessa forma, o valor da estatística de teste pode ser obtido da seguinte forma (DEVORE, 2006):

$$f = \frac{R^2 / k}{(1 - R^2) / [n - (k + 1)]} = \frac{SSR}{SSE / [n - (k + 1)]} = \frac{MSR}{MSE} \quad (4.23)$$

sendo que:

f = estatística de teste do modelo;

SSE = soma dos erros quadráticos;

SSR = soma dos quadrados da regressão;

MSR = regressão quadrática média;

MSE = erro quadrático médio.

Na construção do modelo, a região de rejeição para um teste de nível α é dada por $f \geq F_{\alpha, k, n-(k+1)}$. Exceto por um múltiplo constante, no qual a estatística de teste é dada pela razão entre a variação explicada e a não explicada $R^2/(1-R^2)$. Se a proporção da variação explicada for alta em relação à inexplorada, rejeita-se H_0 e confirma-se a utilidade do modelo. No entanto, se k for grande em relação à n , o fator $[(n-(k+1))/k]$ reduzirá de forma considerável o valor de f (DEVORE, 2006).

Elabora-se um modelo com k previsores para depois verificar se algum dos previsores fornece informações úteis sobre Y . Determina-se $x_1, x_2, \dots, x_l, x_{l+1}, \dots, x_k$ de modo que os previsores excluídos do modelo sejam os últimos $k-l$, uma vez que se objetiva testar $H_0: \beta_{l+1} = \beta_{l+2} = \dots = \beta_k = 0$ (quando o modelo reduzido $Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_l x_l + \varepsilon$ é verdadeiro); e H_a : *pelo menos um entre $\beta_{l+1}, \dots, \beta_k$ não é 0*, sendo assim, no modelo completo $Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon$ pelo menos $k-l$ variáveis fornecem informações úteis (DEVORE, 2006).

A estatística de teste apropriada, para o modelo considerado, depende da redução de $SQE_l - SQE_k$ na variação inexplorada, cuja fórmula é a que segue (DEVORE, 2006):

$$f = \frac{(SQE_l - SQE_k)/(k-l)}{SQE_k/[n-(k+1)]} \quad (4.24)$$

onde:

SQE_k = variação inexplorada para o modelo completo;

SQE_l = variação inexplorada para o modelo reduzido.

Nesse caso, a calibração do modelo é tão boa quanto a do modelo reduzido, uma vez que se considera SQE_k a soma dos resíduos quadrados do modelo completo e SQE_l a soma correspondente do modelo reduzido $SQE_k \leq SQE_l$.

4.2.4 Seleção de Variáveis

Normalmente os pesquisadores possuem um grande número de previsores (variáveis) a fim de construir um modelo de regressão, para o qual são estabelecidos subconjuntos de previsores para facilitar o gerenciamento do modelo. Ao selecionar as variáveis a serem utilizadas no modelo consideram-se (i) os critérios que devem ser usados para selecionar um modelo, quando há a possibilidade de usar todas as variáveis estimadas e (ii) a possibilidade de examinar um número menor de subconjuntos dentre os quais seja encontrado um bom modelo, quando não há a possibilidade de considerar todas as variáveis estimadas (DEVORE, 2006).

Considera-se o melhor modelo aquele que possui SQE_k mínima, uma vez que k representa uma quantidade calculada com base em um modelo com k previsores. Para Devore (2006) três critérios são utilizados na seleção das variáveis em função de SQE_k :

- R_k^2 , o coeficiente de determinação múltipla de k previsores – não se deseja um k que maximiza R_k^2 , visto que esse aumenta à medida que k aumenta, assim, busca-se um k pequeno para o qual R_k^2 seja tão grande quanto R^2 para todos os previsores do modelo;
- $QME_k = SQE / (n - k - 1)$, o erro médio quadrático para um modelo de k previsores. Esse modelo normalmente é utilizado no lugar de R_k^2 porque uma pequena diminuição em SQE_k obtida com um preditor adicional pode ser compensada com um decréscimo no denominador de QME_k . Dessa forma, objetiva-se encontrar um modelo que tenha QME_k mínimo, uma vez que $R_k^2 \text{ ajustado} = 1 - QME_k / QMT$, onde $QMT = SQT / (n - 1)$ é constante em k e a avaliação de $R_k^2 \text{ ajustado}$ é equivalente à avaliação de QME_k ;
- C_k , nessa determinação supõe-se um modelo de regressão real especificado por m previsores, cuja equação geral é dada por $Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_m x_m + \varepsilon$, com $V(\varepsilon) = \sigma^2$, de modo que $E(Y) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_m x_m$. Para isso, tenta-se ajustar o modelo

usando um subconjunto contendo k desses m previsores, simplificando por meio da utilização de x_1, x_2, \dots, x_k para solucionar o esquema de equações normais, obtendo as estimativas $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_k$, as quais não necessariamente correspondem aos previsores do modelo ajustado. Portanto, o valor esperado real $E(y)$ pode ser estimado por $\hat{Y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1 + \dots + \hat{\beta}_k x_k$, e o erro total esperado normalizado da estimativa é dado por:

$$\Gamma_k = \frac{E\left(\sum_{i=1}^n \left[\hat{Y}_i - E(Y_i)\right]^2\right)}{\sigma^2} = \frac{E(SQE_k)}{\sigma^2} + 2(k+1) - n \quad (4.25)$$

Essa equação deve ser levada em consideração uma vez que exige um argumento de valor esperado enganoso. Um determinado subconjunto será interessante no momento em que o seu valor de Γ_k for pequeno, logo, considera-se s^2 a estimativa de σ^2 com base no modelo que inclui todos os previsores para os quais os dados estão disponíveis, definindo C_k da seguinte forma (DEVORE, 2006):

$$C_k = \frac{SQE_k}{s^2} + 2(k+1) - n \quad (4.26)$$

O modelo é interessante quando especificado por um subconjunto de previsores para os quais C_k é pequeno.

4.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

Os modelos de regressão buscam explicar uma variável dependente a partir de uma (regressão linear simples) ou de várias variáveis independentes (regressão múltipla). Pode-se dizer que os modelos de regressão são utilizados para prever uma variável a partir de outra, a qual pode ser tanto quantitativa quanto medidas qualitativas ou categóricas.

O modelo de regressão varia de acordo com o problema a ser analisado e com a correlação entre as variáveis consideradas. Neste

capítulo foi abordado tanto o modelo de regressão linear simples quanto o modelo de regressão linear múltipla, bem como os fatores e atributos inerentes aos modelos. Para este estudo será utilizado o modelo de regressão múltipla na construção do modelo quantitativo para mensuração dos fatores que influenciam o *lead time* logístico de sistemas produtivos metal-mecânico.

5 FATORES QUE INFLUENCIAM O *LEAD TIME* LOGÍSTICO DA INDÚSTRIA METAL-MECÂNICA DA REGIÃO SUL DO BRASIL

Neste capítulo é desenvolvido um modelo para identificar os fatores que influenciam o *lead time* logístico das indústrias do setor metal-mecânico do Sul do Brasil. Para tanto, são descritos os fatores que serão investigados. Com base nesses fatores é proposto um questionário, o qual foi aplicado às indústrias do segmento em questão.

As respostas obtidas neste questionário foram tabuladas e submetidas à análise estatística de correlação e regressão, com o objetivo de determinar quais são significativas na determinação do *lead time* das indústrias pesquisadas.

O foco da pesquisa limita-se à identificação dos aspectos logísticos envolvidos, não se preocupando em considerar fatores relacionados com a engenharia do produto, nem com as dificuldades nos processos de produção inerentes a cada empresa em particular. A partir da análise realizada, são identificados e discutidos os fatores logísticos relevantes.

5.1 FATORES CONSIDERADOS NA MODELAGEM

Há diversos fatores que influenciam nos processos das indústrias, fazendo com que seu *lead time* se altere. Como o ambiente industrial contemporâneo é complexo e sofre constantes alterações, o presente capítulo apresenta uma estrutura hierárquica com os possíveis fatores que influenciam o *lead time* logístico de sistemas produtivos e que são considerados neste trabalho. Tal estrutura poderá servir de referência para replicação deste estudo em outras regiões e indústrias.

Vale destacar que, na identificação dos possíveis fatores, expostos a seguir, levou-se em consideração o referencial teórico consultado para esta tese, bem como observações junto ao segmento industrial. Para isso os possíveis fatores foram subdivididos e adaptados a partir dos componentes de *lead time* expostos por Christopher (2008) em fatores comerciais e de planejamento, fatores relacionados com a obtenção dos materiais, fatores relacionados com a montagem, e fatores referentes à distribuição e entrega, como segue.

5.1.1 Fatores Comerciais e de Planejamento

O *lead time* comercial e de planejamento engloba os tempos compreendidos entre o recebimento do pedido e o planejamento dos processos e da produção. Para fins deste estudo foram elencados, neste contexto, a autonomia na fixação de prazos, a previsão da demanda, a periodicidade no planejamento da produção, o método usado para realizar o plano mestre e o sequenciamento da produção. Tais fatores podem influenciar o *lead time* logístico dos sistemas produtivos, como explicados na sequência.

- **Autonomia na fixação de prazos** – consiste na existência de autonomia do setor comercial em relação à definição de prazos para atendimento dos pedidos. Isso pode influenciar o *lead time*, tendo em vista que o setor comercial pode privilegiar alguns clientes em detrimento de outros, atendendo aos seus pedidos com prioridade, interferindo nos prazos dos pedidos que já estão em carteira.
- **Previsão de demanda** – consiste em uma atividade estratégica em tempos de abertura de mercados, visto que é fundamental para a determinação dos recursos necessários em um sistema produtivo. Para Martins e Laugení (1999) a previsão consiste em um processo metodológico para a estimativa futura de dados, com base em métodos estatísticos, matemáticos, econométricos ou subjetivos. A falta de previsão da demanda, ou a utilização de métodos inadequados para esse processo, faz com que o *lead time* aumente. Por outro lado, métodos bem definidos auxiliam os sistemas produtivos a se prepararem para possíveis oscilações no mercado e garantir o fornecimento de materiais para produção e de produtos acabados ao consumidor.
- **Periodicidade no planejamento da produção** - consiste no tempo decorrido entre duas realizações consecutivas do planejamento. A cada realização do planejamento as ordens de produção são agrupadas por lotes de fabricação. Períodos de planejamento longos permitem agrupar as ordens de produção em lotes maiores, reduzindo a quantidade de *setups*. A recíproca também é verdadeira: períodos de planejamento muito curtos acarretam lotes de tamanho pequeno, o que aumenta o número de *setups*. O aumento do número de *setups* em postos de produção considerados gargalo faz com que se restrinja ainda mais a capacidade disponível, provocando o surgimento de filas e, conseqüentemente, o aumento do *lead time*.

- **Plano mestre de produção (MPS - Master Program Schedule)** – consiste na formalização da programação da produção, expressa em necessidades específicas de materiais e capacidade, o que exige uma avaliação das necessidades de mão-de-obra, equipamentos e materiais (CORREA; GIANNESI, 1996). A partir do plano mestre de produção consegue-se definir a quantidade de produtos a serem fabricados no horizonte de planejamento, bem como os materiais necessários para a conclusão do processo produtivo. Os sistemas de produção que operam com plano mestre de produção possuem um planejamento estruturado das suas necessidades, o que pode reduzir o seu *lead time*, visto que possibilita a alocação mais efetiva dos recursos, bem como possíveis correções e alterações no planejamento.
- **Sequenciamento da produção (scheduling)** – consiste em garantir a melhor utilização dos recursos disponíveis, tais como equipamentos e mão-de-obra. Um sequenciamento mal feito pode gerar problemas de excesso de materiais em processo, a falta de sincronismo na fabricação dos vários componentes de um produto, a baixa utilização das máquinas e equipamentos da fábrica, ocasionando baixos índices de produtividade. Quando bem feito, por outro lado, pode resultar no melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, contribuindo para a redução do *lead time*.

5.1.2 Fatores Relacionados com os Materiais

No que diz respeito aos materiais pode-se elencar todos os insumos utilizados na produção com o propósito de atender ao mercado. Para fins deste estudo foram estabelecidos como fatores integrantes do grupo de materiais, a realização do planejamento de materiais, o tempo médio de entrega de materiais críticos, o uso de métodos definidos para estabelecer o estoque de segurança, a existência de múltiplos fornecedores para uma dada matéria-prima, e o estabelecimento de planos emergenciais de suprimentos, conforme descritos na sequência.

- **Planejamento de materiais** – consiste no planejamento das necessidades de materiais que serão utilizados no processo produtivo. Esse deve estar sincronizado com as demais fases do planejamento do sistema produtivo, como o planejamento da demanda e com o plano mestre de produção, para atender aos clientes e evitar rupturas no processo produtivo e, como consequência, reduzir o *lead time*. Este sincronismo também pode ser obtido fortalecendo as parcerias entre os

elos da cadeia de suprimentos e melhorando o fluxo de informações entre os mesmos.

- **Tempo médio de entrega dos materiais críticos** – no que diz respeito aos materiais críticos (aqueles cuja falta representa uma ruptura no processo produtivo), as políticas de entrega devem ser negociadas com os fornecedores a fim de evitar possíveis atrasos e/ou falhas no fornecimento. Quanto menor o tempo médio de entrega e mais flexível é a política de reposição dos materiais críticos, menor é o *lead time* dos sistemas de produção. Isso ocorre porque a flexibilidade na reposição dos materiais permite negociar pedidos menores e entregas fracionadas, reduzindo o volume de estoques e o *lead time*.

- **Métodos definidos para cálculo do estoque de segurança** – consiste em se adotar métodos para determinar o nível mínimo de estoque que a empresa deve ter para não haver rupturas e paradas no processo produtivo. Visa garantir o atendimento à demanda e o abastecimento contínuo da linha de produção. Um método bem definido e condizente com a realidade da empresa minimiza os efeitos das oscilações observadas na demanda do mercado, no tempo de reposição dos materiais e pode evitar rupturas nos estoques. Por outro lado, uma indefinição neste sentido, pode causar rupturas nos estoques, afetando, consequentemente, o *lead time*.

- **Múltiplos fornecedores** – a existência de múltiplos fornecedores além de garantir preços menores e mais estáveis também ajuda a reduzir a possibilidade de ruptura nos estoques, pois, na medida em que um dado fornecedor não pode suprir os materiais necessários, outro poderá ser requisitado.

- **Planos emergenciais de suprimentos** – a utilização de planos emergenciais de suprimentos visa garantir a continuidade no processo de produção por meio de um planejamento para possíveis falhas. Com isso, consegue-se traçar previamente ações estratégicas a serem tomadas em momentos em que o abastecimento não ocorre conforme o planejado, evitando maiores atrasos na tomada de decisão e a consequente parada da produção. Por meio de planos emergenciais de suprimentos, os colaboradores já sabem quais decisões serão tomadas nas situações em que o planejamento não pode ser cumprido por falta de materiais, evitando, assim, aumentar o *lead time*.

Além disso, Harrison e Hoek (2003) estabelecem alguns fatores adicionais que impactam no tempo que não agrega valor ao cliente, no tocante aos materiais: (i) controle das soluções; (ii) soluções alteradas de forma reativa; (iii) trabalhos atrasados e (iv) más especificações do material fornecidas pelo cliente. Esses fatores, além de aumentar o *lead time* podem reduzir o nível de serviço do sistema produtivo, fazendo com que o mesmo perca espaço no mercado.

5.1.3 Fatores de Fabricação e Montagem

A fabricação e a montagem dizem respeito ao processo produtivo propriamente dito, onde ocorre a transformação da matéria-prima em produto acabado, e à forma como o mesmo está organizado. Para fins deste estudo, no que diz respeito à fabricação e montagem, elencaram-se os seguintes fatores que podem influenciar no *lead time*: tipo de sistema de produção, periodicidade no controle da produção, tipo de *layout* da fábrica, percentual de retrabalho, percentual de refugo, percentual de tempo gasto com *setup*, taxa de ocupação das máquinas e a existência de planos para tratamento de exceções, os quais são explicados na sequência.

- **Tipos de sistemas de produção** – o tipo de sistema de produção está diretamente relacionado ao *layout* da fábrica e ao método usado em sua programação. A partir do tipo de sistema de produção adotado, a indústria determina a sua política de estoques e a forma de atendimento às necessidades e desejos dos clientes. A seguir são identificados os tipos de sistema de produção que podem ser adotados e como esses influenciam no *lead time*. (TUBINO,1999).

- **Produção puxada (*pull*)** – neste tipo de produção a demanda gerada pelo cliente é o início do processo produtivo. Neste tipo de sistema de produção, a indústria mantém estoques intermediários (supermercados) ao longo da linha de montagem e, dependendo do segmento de mercado, efetua a montagem final apenas com a solicitação do cliente. Dessa forma, o *lead time* pode ser reduzido, desde que avaliada a relação custo-benefício entre o tempo de atendimento ao cliente e o custo de manter estes estoques intermediários no sistema de produção.

- **Produção empurrada (*push*)** – é determinada a partir do comportamento do mercado, sendo que neste tipo de sistema de

produção a indústria produz para estoque, com base em previsões. Quando há *lead times* longos essa previsão pode não se confirmar e a indústria ter prejuízos pelo não atendimento ao cliente ou pelo excesso de itens em estoque.

▪ **Periodicidade no controle da produção** – o controle da produção consiste na atividade de verificar a coerência e acurácia entre o desempenho efetivo e o desempenho planejado para o processo produtivo. A eventual falta de acurácia e coerência entre o planejamento e a execução, quando ocorre, requer que o planejamento volte a ser realizado, ou pelo menos corrigido, no sentido de se atingir as metas de produção estabelecidas, no prazo ainda disponível. A realização de controle com periodicidade mais curta permite que esta revisão ocorra de forma mais precoce, quando os desvios ainda são pequenos e o tempo disponível ainda é grande. Quando isto não acontece, ou seja, quando a periodicidade de controle é grande, existe a possibilidade de desvios maiores serem observados quando já não se dispõe de muito prazo para atender as metas de produção. A correção, neste caso, exige mudanças significativas nas taxas de produção, para compensar as perdas de produção ocorridas. Isto, por sua vez, faz com que setores que antes possuíam disponibilidade de capacidade sejam transformados em gargalos do sistema, os quais ocasionam filas e conseqüentemente aumentam o *lead time*.

▪ **Layout da fábrica (arranjo físico)** – consiste na disposição do espaço físico no sistema produtivo. Essencialmente, existem dois tipos de *layout* de manufatura: (i) linha de produção, o qual movimenta um grande volume de produtos, porém, com pouca variabilidade nos processos; (ii) célula de manufatura, que detém um baixo volume de produção com grande variabilidade nos processos. A otimização do *layout* objetiva: (i) a redução de custos e o aumento da produtividade; (ii) a racionalização do espaço disponível; (iii) a redução da movimentação dos materiais, produtos e pessoas; (iv) a racionalização do fluxo de trabalho; (v) a redução do tempo de produção; (vi) propiciar aos colaboradores melhores condições de trabalho. Dessa forma, o *layout* deve ser projetado a fim de evitar o desperdício de tempo com movimentação de componentes e materiais, assim como de movimentos desnecessários. O *layout* do sistema produtivo pode favorecer ou tornar-se um empecilho ao monitoramento e redução do seu *lead time*. Quanto mais esparsa a área da empresa e mais distantes estiverem as operações e as atividades umas das outras, maior é o movimento efetuado pelos colaboradores, pelas peças e produtos em processo no interior do

sistema produtivo, fazendo com que o *lead time* também aumente. Pode-se dizer que o fluxo livre e contínuo de materiais no sistema produtivo pode minimizar os tempos desnecessários, reduzindo também o *lead time* total do sistema.

- **Retrabalho** – consiste em refazer parte ou a totalidade do processo ou do produto. O retrabalho, dependendo do tipo de produto fabricado e da estrutura do sistema produtivo, pode acarretar prejuízos para o sistema e seus clientes. A existência de retrabalho pode significar a imobilização de recursos produtivos, materiais, humanos, financeiros e de tempo na produção de produtos defeituosos que serão reprocessados a fim de que possam ser comercializados. Dessa forma, quanto maior a incidência de retrabalho nos sistemas produtivos, maior será o *lead time*.

- **Refugo** – consiste na parte do processo produtivo que será desprezada, o que pode ser considerado um desperdício, visto que há a imobilização de recursos produtivos, materiais, humanos, financeiros e de tempo na produção de produtos defeituosos que não poderão ser comercializados. O tempo destinado à fabricação desses produtos também é desperdiçado, e pode acarretar um aumento no *lead time*, tendo em vista que se deixa de produzir produtos que podem ser disponibilizados no mercado para produzir os produtos defeituosos.

- **Setup** - consiste no tempo incorrido na troca de ferramentas, programas de produção e equipamentos entre uma etapa do processo em execução e a inicialização da etapa seguinte. Quanto menor é o agrupamento das ordens de produção em lotes, maiores são as paradas para *setup* durante o processo produtivo. Quando o setor em questão está com sua capacidade próxima ao limite (gargalo de produção), a redução do tempo de realização do *setup* ou a diminuição do número de *setups* realizados faz com que se aumente a capacidade disponível para produção, reduzindo as filas do sistema e, conseqüentemente, o *lead time*. Pode-se medir a quantidade de *setups* através do percentual do tempo gasto com este tipo de operação.

- **Ocupação das máquinas** – a taxa de ocupação das máquinas está diretamente relacionada com a formação de filas. Taxas de ocupação próximas a 100% tendem a fazer com que as filas cresçam indefinidamente, e quanto maiores as filas, maior tende a ser o *lead time*, o que se deve à aleatoriedade existente no processo de produção. Pode-se medir a ocupação das máquinas através do percentual da capacidade que está sendo utilizada na produção.

▪ **Plano de tratamento de exceções** – no que diz respeito ao tratamento a ser dado a possíveis falhas no processo de produção, por conta de erros na engenharia, quebra de máquinas e equipamentos, falta de mão-de-obra, falta de energia, entre outros. Assim, ao se mapear tais possibilidades e estabelecer uma ação alternativa pode-se evitar paradas longas no processo de produção. Por meio do plano de tratamento de exceções consegue-se prever situações adversas ao planejamento, preparando-se para intervir no sistema no caso em que as mesmas ocorram, ou tomando medidas que evitem a sua ocorrência. São exemplos de exceções a quebra de equipamentos, falta de pessoal, demandas adicionais não previstas no planejamento, qualidade inadequada dos materiais utilizados, entre outros. Dando tratamento a estas questões em uma fase anterior a sua ocorrência, evitam-se surpresas e a necessidade de busca por soluções no momento em que estas exceções ocorrem, fazendo com que o lead time permaneça sob controle.

Harrison e Hoek (2003) apontam, ainda, outros fatores que impactam no tempo que não agrega valor ao cliente, no tocante aos atributos inerentes a um processo produtivo: (i) processamento sem data pré-estabelecida; (ii) prioridade de outros trabalhos ou mudanças na ordem de fabricação; (iii) rotas dos processos; (iv) trabalhos aguardando decisão ou sendo realizados ao mesmo tempo, entre outros. Assim, os tempos que não agregam valor devem ser monitorados e reduzidos.

5.1.4 Fatores da Distribuição e Entrega

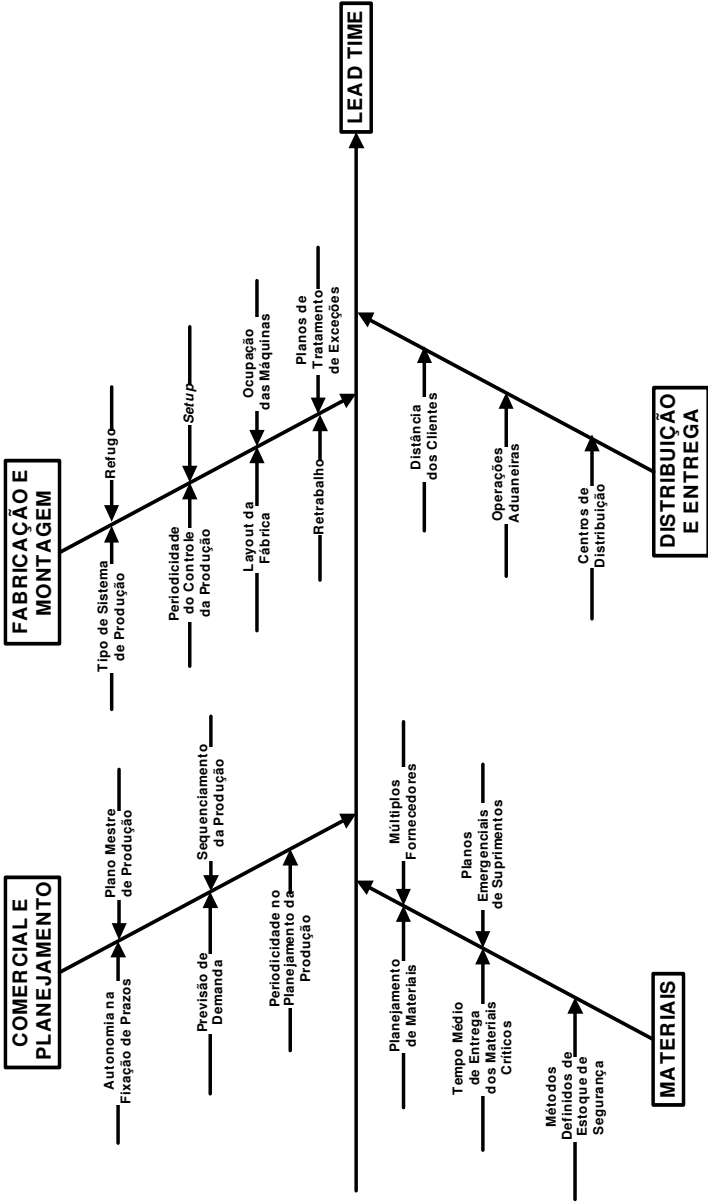
A distribuição e a entrega dizem respeito à forma como o produto é disponibilizado ao cliente. Levam em consideração aspectos do mercado e o tipo de produto comercializado, com o propósito de atender o cliente da melhor forma possível, entregando o produto certo, no local certo e nas condições acordadas. A distribuição e entrega consistem no elo final da cadeia de suprimentos, sendo o ponto de interface entre o sistema produtivo e o cliente.

Para fins deste estudo, no que diz respeito à distribuição e à entrega, elencaram-se os seguintes fatores que podem influenciar no *lead time* dos sistemas de produção metal-mecânico: distância dos principais clientes, existência de operações aduaneiras e existência de centros de distribuição, os quais serão explicados na sequência.

- **Distância dos principais clientes** - o sistema produtivo deve se aproximar dos seus clientes, adotando pontos estratégicos de localização e sistemas de transporte ágil, a fim de disponibilizar os produtos e serviços ao cliente o mais rápido possível. Estando próximos aos clientes ou adotando um planejamento mais eficaz e eficiente na distribuição consegue-se reduzir o *lead time*, visto que o tempo de entrega é afetado pela distância e pela velocidade dos meios de transporte adotados.
- **Operações aduaneiras** – consistem em procedimentos efetuados a produtos destinados à importação e/ou exportação. Os sistemas produtivos que têm produtos comercializados no mercado externo, assim como utilizam materiais importados possuem um planejamento diferenciado, visto que o *transit time* desses produtos é superior aos comercializados no mercado nacional. Isso influencia diretamente no planejamento das necessidades de materiais, na programação da produção e nas políticas de atendimento ao cliente, que refletem no *lead time*.
- **Centros de distribuição (CDs)** – a distribuição física de produtos constitui-se em um permanente desafio logístico. Neste contexto, os CDs têm como propósito atender corretamente a crescente demanda de pedidos no menor tempo possível. Além disso, os distribuidores consistem no elemento mais próximo ao cliente, sendo que esses intermediam e fazem a interface entre os sistemas de produção e seus clientes. Os distribuidores detêm as informações a respeito do cliente em relação ao produto comercializado e ao sistema produtivo. Por estarem mais próximos dos clientes conseguem atender mais rápido à demanda. As informações de demanda dos CDs devem ser repassadas à fábrica para garantir o fornecimento. Assim, os CDs buscam reduzir o tempo de atendimento ao cliente e simultaneamente aumentar a sua produtividade.

Os possíveis fatores que influenciam o *lead time* logístico dos sistemas produtivos podem ser apresentados sob a forma de uma estrutura hierárquica, sob a perspectiva do *lead time* comercial e de planejamento, de materiais, de fabricação e montagem, de distribuição e entrega, conforme ilustra a Figura 16.

Figura 16 - Estrutura hierárquica dos fatores que influenciam o *lead time* logístico



Fonte: Autora (2012).

Pode-se afirmar que os fatores que podem influenciar o *lead time* logístico dos sistemas produtivos apresentados têm cunho estratégico, tático e operacional, visto que o objetivo da cadeia de suprimentos é entregar o produto certo, na hora e local acordados, com a qualidade adequada, ao menor custo possível, visando à satisfação das necessidades e desejos do cliente final.

A partir da estrutura hierárquica sobre os fatores que influenciam no *lead time* logístico dos sistemas de produção metal-mecânico, foi elaborado e aplicado o instrumento de coleta de dados, que servirá para a quantificação dos fatores a fim de determinar o modelo final de regressão para este estudo.

5.2 ELABORAÇÃO E APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

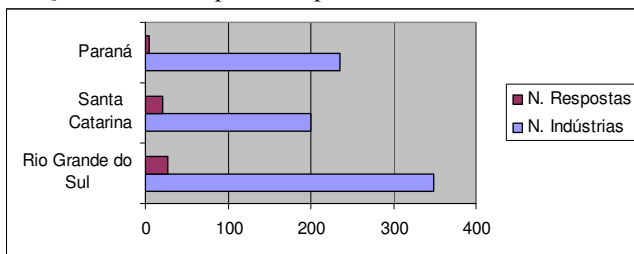
A partir da identificação e da elaboração da estrutura hierárquica dos fatores que influenciam o *lead time* logístico, e conforme descrito sucintamente nos procedimentos metodológicos, foi elaborado o questionário. Cada fator levantado e ilustrado na estrutura hierárquica resultou em um questionamento no instrumento de coleta de dados.

O questionário, para ser aplicado nos sistemas de produção, passou por duas fases, a de avaliação e de pré-teste. A partir disso, foi elaborado o questionário que foi aplicado junto aos gestores da área de produção e logística dos sistemas de produção metal-mecânico.

A aplicação do questionário deu-se através de um formulário em meio eletrônico, o qual pode ser conferido no Apêndice A. Esse formulário eletrônico foi produzido com ferramenta do *Google*, e disponibilizado por *e-mail* um *link* de acesso às indústrias do setor metal-mecânico com mais de cinquenta colaboradores, filiadas às Federações das Indústrias do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná.

A fim de aumentar o número de respostas ao questionário, foi efetuado contato telefônico para verificar a existência de respondentes nas indústrias e um possível retorno à pesquisa. Do universo de empresas cadastradas, 49 responderam ao questionário, o que corresponde a aproximadamente 7% desse universo, conforme ilustra o Gráfico 1.

Gráfico 1 – Questionários respondidos por Estado.



Fonte: Pesquisa (2012).

A coleta de dados foi realizada, de forma sistemática, no período de agosto de 2010 a novembro de 2010 e o contato direto com as empresas no período de dezembro de 2010 a setembro de 2011. Com os dados dos questionários, passou-se para a análise das respostas e tabulação das mesmas.

5.3 TABULAÇÃO DAS RESPOSTAS

Os dados brutos coletados junto aos sistemas de produção metal-mecânico (APÊNDICE B), foram analisados e as respostas foram verificadas a fim de eliminar possíveis inconsistências. Tal análise levou em consideração o cruzamento das informações repassadas pelos respondentes. As eventuais inconsistências foram corrigidas e quando isso não foi possível o dado específico da resposta foi eliminado (*missing*). De cada pergunta do questionário aplicado foram extraídas uma ou mais variáveis que deram origem ao modelo, conforme apresentado no modelo com previsores para variáveis categóricas (VER SEÇÃO 4.2.1).

Para estimar o modelo de regressão múltipla, utilizou-se como variável dependente (Y) o *lead time* logístico dos sistemas produtivos metal-mecânico e como variáveis explicativas ou independentes os fatores expostos no Quadro 7.

Quadro 7– Variáveis independentes utilizadas no modelo de regressão múltipla

CÓDIGO	TIPO DE VARIÁVEL	VARIÁVEL
X_1	Categórica	Sistema de Produção Puxada
X_2	Categórica	Sistema de Produção Empurrada
X_3	Categórica	Autonomia Comercial
X_4	Categórica	Sistema de Planejamento da Demanda - Manual
X_5	Categórica	Sistema de Planejamento da Demanda – Planilha Eletrônica
X_6	Categórica	Sistema de Planejamento da Demanda – Sistemas Corporativos
X_7	Categórica	Planejamento de materiais – Manual
X_8	Categórica	Planejamento de materiais – Planilha Eletrônica
X_9	Categórica	Planejamento de materiais – Sistemas Corporativos
X_{10}	Categórica	Plano Mestre de Produção – Manual
X_{11}	Categórica	Plano Mestre de Produção – Planilha Eletrônica
X_{12}	Categórica	Plano Mestre de Produção – Sistemas Corporativos
X_{13}	Categórica	Sequenciamento da Produção – Manual
X_{14}	Categórica	Sequenciamento da Produção – Planilha Eletrônica
X_{15}	Categórica	Sequenciamento da Produção – Sistemas Corporativos
X_{16}	Contínua	Periodicidade de Planejamento
X_{17}	Contínua	Periodicidade de Controle da Produção
X_{18}	Categórica	<i>Layout</i> – Células de Manufatura
X_{19}	Categórica	<i>Layout</i> – Linhas de Produção
X_{20}	Categórica	Plano de Tratamento de Exceções
X_{21}	Contínua	Prazo de Entrega dos Materiais Críticos
X_{22}	Categórica	Métodos de Definição do Estoque de segurança
X_{23}	Categórica	Múltiplos Fornecedores
X_{24}	Contínua	Percentual de Retrabalho

Quadro 7 – Variáveis independentes utilizadas no modelo de regressão múltipla – Continuação

CÓDIGO	TIPO DE VARIÁVEL	VARIÁVEL
X_{25}	Contínua	Percentual de Refugo
X_{26}	Contínua	Percentual de <i>Setup</i>
X_{27}	Contínua	Percentual de Ocupação das Máquinas no Gargalo
X_{28}	Contínua	Distância dos Principais Clientes
X_{29}	Catagórica	Operações Aduaneiras nas Entregas
X_{30}	Catagórica	Centro de Distribuição
X_{31}	Catagórica	Planos Emergenciais para Suprimentos

Fonte: Autora (2012).

Cabe salientar que as variáveis categóricas foram transformadas em $n-1$ variáveis *dummy*. As variáveis X_1 e X_2 consistem em variáveis *dummy*, provenientes de três possíveis respostas referentes ao sistema de produção (puxado, empurrado ou misto); X_4 , X_5 , X_6 , X_7 , X_8 , X_9 , X_{10} , X_{11} , X_{12} , X_{13} , X_{14} e X_{15} provêm de quatro respostas para os questionamentos relacionados com sistema de planejamento da demanda, planejamento de materiais, plano mestre de produção e sequenciamento da produção, cujas respostas poderiam ser manual, planilha eletrônica, sistemas corporativos ou inexistente; X_{18} e X_{19} são provenientes de três tipos de resposta relacionados com *layout* (células de manufatura, linhas de produção ou misto).

As variáveis categóricas foram transformadas em numéricas do tipo 0 (zero), indicando a ausência do atributo e 1 (um), indicando a presença do atributo, originando uma nova tabela de dados que foi utilizada no modelo de regressão (APÊNDICE C).

Para avaliação do tempo médio de *lead time* foi solicitado aos respondentes a determinação do tempo ótimo, mais provável e do pessimista. A fim de estimar o tempo médio adotou-se o mesmo critério utilizado pela técnica PERT (*Program Evaluation and Review Technique* – Técnica de Avaliação e Revisão do Programa) (SLACK, CHAMBERS; JOHNSTON, 2002; CONTADOR, 2004):

$$t_e = (t_o + 4t_m + t_p)/6 \quad (5.1)$$

onde:

t_e = tempo estimado/esperado

t_p = tempo pessimista

t_m = tempo mais provável

t_o = tempo otimista

Após a identificação e a codificação das variáveis explicativas, bem como da determinação do *lead time* logístico foi aplicada a ferramenta SPSS, com a qual foram realizadas a análise de correlação e regressão.

5.4 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO

A correlação consiste em uma técnica associativa que ajuda a determinar se há relação coerente e sistemática entre duas ou mais variáveis (HAIR Jr. et al, 2005). Grandes coeficientes indicam uma alta covariação e uma forte relação, enquanto pequenos coeficientes indicam pouca covariação e uma fraca relação. Hair Jr. et al (2005) expõem algumas regras sobre o valor do coeficiente de correlação, as quais estão expostas na Tabela 1.

Tabela 1 - Regras práticas sobre o valor do coeficiente de correlação

Variação do coeficiente	Força de associação
$\pm 0,91 - \pm 1,00$	Muito forte
$\pm 0,71 - \pm 0,90$	Alta
$\pm 0,41 - \pm 0,70$	Moderada
$\pm 0,21 - \pm 0,40$	Pequena mas definida
$\pm 0,01 - \pm 0,20$	Leve, quase imperceptível

* Supõe que o coeficiente de correlação seja estatisticamente significativo.

Fonte: HAIR JR et al (2005, p. 312).

Para esses autores, uma associação é dita leve e quase imperceptível quando não há associação coerente e sistemática entre as variáveis e uma associação moderada indica a possibilidade de haver uma relação coerente e sistemática entre as variáveis.

A partir disso, foi efetuada a análise de correlações entre as variáveis, de modo a verificar se existem variáveis fortemente correlacionadas, das quais uma poderia ser eliminada da análise. O conjunto de variáveis testadas foi apresentado no Quadro 7, assim como a tabulação dessas variáveis encontram-se no Apêndice C e as correlações no Quadro 8.

Além disso, deve ser considerada a possível falta de ortogonalidade entre as variáveis explicativas, ou seja, estas podem estar correlacionadas entre si. Se isto ocorre, ao ser ajustado um modelo de regressão, a influência de uma variável é alterada diante da presença ou ausência da outra variável no modelo.

Para que um coeficiente de correlação seja considerado estatisticamente significativo a probabilidade deve ser de pelo menos $< 0,05$, em outras palavras, para rejeitar uma hipótese nula deve haver menos de cinco chances em cem de a rejeição estar errada (HAIR Jr. et al, 2005). Em algumas situações administrativas, um nível de $< 0,10$ é considerado aceitável, o que pode tornar a análise mais arriscada.

Tendo-se poucas observações não se deve ter muitas covariáveis no modelo, visto que o aumento do número de variáveis regressoras diminui os graus de liberdade dos resíduos, até o ponto de não ser possível estimar os efeitos das variáveis (AZEVEDO, 1997).

As análises de regressão foram realizadas com o propósito de identificar a influência das dimensões causais em todas as variáveis nas quais foram encontradas correlações significativas.

Quadro 8 – Correlação entre as variáveis

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16
X1	1,000	-0,325	-0,145	-0,039	0,018	0,036	0,000	-0,108	0,200	0,023	-0,108	0,220	0,053	-0,108	0,145	0,226
X2	-0,325	1,000	0,017	-0,131	0,256	-0,071	-0,274	0,347	-0,161	-0,102	0,256	-0,191	-0,036	-0,017	-0,017	-0,095
X3	-0,145	0,017	1,000	-0,137	0,153	-0,010	0,145	-0,135	-0,004	0,054	0,249	-0,169	-0,169	0,057	-0,135	0,108
X4	-0,039	-0,131	-0,137	1,000	-0,378	-0,397	0,446	0,034	-0,320	0,262	-0,378	-0,087	0,482	-0,275	-0,172	0,138
X5	0,018	0,256	0,153	-0,378	1,000	-0,462	-0,271	0,424	-0,174	-0,293	0,712	-0,281	-0,205	0,520	-0,249	-0,147
X6	0,036	-0,071	-0,010	-0,397	-0,462	1,000	-0,284	-0,462	0,655	-0,072	-0,368	0,573	-0,325	-0,179	0,576	0,028
X7	0,000	-0,274	0,145	0,446	-0,271	-0,284	1,000	-0,271	-0,434	0,609	-0,271	-0,339	0,560	-0,271	-0,271	0,107
X8	-0,108	0,347	-0,135	0,034	0,424	-0,462	-0,271	1,000	-0,706	-0,174	0,424	-0,371	-0,112	0,327	-0,249	-0,167
X9	0,200	-0,161	-0,004	-0,320	-0,174	0,655	-0,434	-0,706	1,000	-0,248	-0,174	0,615	-0,259	-0,085	0,447	0,113
X10	0,023	-0,102	0,054	0,262	-0,293	-0,072	0,609	-0,174	-0,248	1,000	-0,293	-0,174	0,490	-0,293	-0,174	0,322
X11	-0,108	0,256	0,249	-0,378	0,712	-0,368	-0,271	0,424	-0,174	-0,293	1,000	-0,552	-0,019	0,520	-0,441	-0,033
X12	0,220	-0,191	-0,169	-0,087	-0,281	0,573	-0,339	-0,371	0,615	-0,367	0,552	1,000	-0,431	-0,101	0,620	-0,094
X13	0,053	-0,036	0,112	0,482	-0,205	-0,325	0,560	-0,112	-0,259	0,490	-0,019	-0,431	1,000	-0,484	-0,484	0,247
X14	-0,108	-0,017	0,057	-0,275	0,520	-0,179	-0,271	0,327	-0,085	-0,293	0,520	-0,101	-0,484	1,000	-0,441	-0,321
X15	0,145	-0,017	-0,135	-0,172	-0,249	0,576	-0,271	-0,249	0,447	-0,174	-0,441	0,620	-0,484	-0,441	1,000	0,141
X16	0,226	-0,095	0,108	0,138	-0,147	0,028	0,107	-0,167	0,113	0,322	-0,033	-0,094	0,247	-0,321	0,141	1,000
X17	-0,127	0,145	-0,045	0,366	-0,215	-0,122	0,238	-0,054	-0,104	0,471	-0,166	-0,144	0,390	-0,215	-0,152	0,144
X18	0,167	0,154	0,108	-0,039	-0,108	0,160	0,000	-0,235	0,200	0,180	-0,108	0,102	0,175	-0,108	-0,108	0,265
X19	0,052	-0,085	-0,231	-0,058	0,047	0,079	0,069	0,139	-0,123	-0,007	-0,045	-0,056	-0,067	0,047	0,047	-0,094
X20	0,317	-0,161	-0,181	-0,320	0,181	0,219	-0,200	-0,085	0,263	-0,027	0,004	0,199	-0,259	0,181	0,092	0,113
X21	0,034	0,026	-0,012	0,036	0,063	-0,018	-0,130	0,141	-0,044	-0,095	0,070	-0,001	-0,078	0,159	-0,057	0,114
X22	0,300	-0,026	-0,208	-0,296	0,119	0,160	-0,417	-0,119	0,224	-0,119	0,208	0,066	-0,058	0,119	-0,058	0,129
X23	0,129	-0,225	-0,028	-0,165	-0,168	0,248	0,129	-0,070	0,039	-0,087	0,028	0,005	-0,108	0,028	0,126	-0,025
X24	-0,230	0,100	0,189	-0,041	-0,315	0,143	0,102	-0,185	-0,085	0,124	-0,233	0,005	0,024	-0,179	-0,015	-0,173
X25	-0,050	0,236	0,064	-0,003	-0,263	-0,070	0,066	0,129	-0,263	0,012	-0,171	-0,047	-0,032	-0,144	-0,067	-0,230
X26	-0,325	0,209	-0,018	0,303	-0,220	0,070	0,033	0,079	-0,099	0,120	-0,074	0,089	0,130	-0,065	-0,065	-0,097
X27	0,243	-0,038	0,060	0,095	-0,079	-0,061	0,041	0,153	-0,170	0,091	-0,138	0,016	0,033	0,088	-0,174	0,099
X28	0,058	-0,046	0,065	-0,072	0,256	-0,099	-0,009	0,185	-0,169	0,026	0,149	-0,074	-0,201	0,374	-0,167	0,049
X29	-0,060	0,127	0,039	-0,079	-0,251	0,147	-0,220	-0,145	0,212	0,027	-0,113	0,070	-0,084	-0,039	-0,039	0,117
X30	-0,203	-0,086	0,113	-0,068	-0,113	0,138	-0,152	-0,113	0,227	0,003	-0,113	0,070	-0,141	0,022	0,157	0,216
X31	0,118	-0,097	-0,217	-0,178	-0,320	0,427	-0,236	0,128	0,094	-0,064	-0,141	0,132	-0,062	-0,141	0,217	0,050

Fonte: SPSS (2012).

Quadro 8 – Correlação entre as variáveis - Continuação

	X17	X18	X19	X20	X21	X22	X23	X24	X25	X26	X27	X28	X29	X30	X31
X1	-0,127	0,167	0,052	0,317	0,034	0,300	0,129	-0,230	-0,050	-0,325	0,243	0,058	-0,060	-0,203	0,118
X2	0,154	0,154	-0,085	-0,161	0,026	-0,026	-0,225	0,100	0,236	0,209	0,030	-0,046	0,127	-0,086	-0,097
X3	-0,045	0,108	-0,231	-0,181	-0,012	-0,208	-0,028	0,189	0,064	-0,018	-0,068	0,065	0,039	0,113	-0,217
X4	0,366	-0,039	-0,058	-0,320	0,036	-0,296	-0,165	-0,041	-0,003	0,303	0,095	-0,072	-0,079	-0,068	-0,178
X5	-0,215	-0,108	0,047	0,119	0,063	0,119	-0,168	-0,315	-0,263	-0,220	0,079	0,256	-0,251	-0,113	-0,320
X6	-0,122	0,160	0,079	0,219	-0,018	0,160	0,248	0,143	-0,070	0,070	-0,061	-0,059	0,147	0,138	0,427
X7	0,238	0,000	0,069	-0,200	-0,130	-0,417	0,129	0,102	0,066	0,033	0,041	-0,009	-0,220	-0,152	-0,236
X8	-0,054	-0,235	0,139	-0,085	0,141	0,119	-0,070	-0,085	0,129	0,079	0,153	0,185	-0,145	-0,113	0,128
X9	-0,104	0,200	-0,123	0,263	-0,044	0,224	0,039	-0,085	-0,263	-0,099	-0,170	-0,169	0,212	0,227	0,094
X10	0,471	0,180	-0,007	-0,027	-0,095	-0,119	-0,087	0,124	0,012	0,120	0,091	0,026	0,027	0,003	-0,064
X11	-0,166	-0,108	-0,045	0,004	0,070	0,208	0,028	-0,233	-0,171	-0,074	-0,138	0,149	-0,251	-0,113	-0,141
X12	-0,144	0,102	-0,056	0,199	-0,001	0,066	0,066	0,005	-0,047	0,089	0,016	-0,074	0,150	0,070	0,132
X13	0,390	0,175	-0,067	-0,259	-0,078	-0,058	-0,108	0,024	-0,032	0,130	0,033	-0,201	-0,084	-0,141	-0,062
X14	-0,215	-0,108	0,047	0,181	0,159	0,119	0,028	-0,179	-0,144	-0,065	0,088	0,374	-0,039	0,022	-0,141
X15	-0,152	-0,108	0,047	0,092	-0,057	-0,058	0,126	-0,015	-0,067	-0,065	-0,174	-0,167	-0,039	0,157	0,217
X16	0,144	0,265	-0,094	0,113	0,114	0,129	-0,025	-0,173	-0,230	-0,097	0,099	0,049	0,117	0,216	0,050
X17	1,000	0,095	-0,291	-0,241	-0,038	-0,026	-0,326	0,107	0,009	0,504	0,076	-0,154	0,276	0,077	-0,021
X18	0,095	1,000	-0,311	0,200	0,038	0,067	0,000	0,178	0,160	0,139	0,383	-0,037	0,220	-0,025	0,000
X19	-0,291	-0,311	1,000	-0,038	0,161	-0,069	0,080	-0,261	-0,150	-0,283	0,219	0,259	-0,097	0,026	0,110
X20	-0,241	0,200	-0,038	1,000	0,085	0,306	0,039	-0,114	0,004	-0,211	0,122	-0,061	0,114	-0,023	0,094
X21	-0,038	0,038	0,161	0,085	1,000	-0,011	-0,258	-0,137	-0,211	0,165	0,231	0,387	0,182	-0,032	0,041
X22	-0,026	0,067	-0,069	0,306	-0,011	1,000	0,194	-0,320	-0,229	-0,185	-0,013	0,022	0,038	0,117	0,474
X23	-0,326	0,000	0,080	0,039	-0,258	0,194	1,000	-0,174	-0,069	-0,244	-0,010	-0,019	-0,309	0,098	0,271
X24	0,107	0,178	-0,261	-0,039	-0,137	-0,320	-0,174	1,000	0,673	0,235	-0,027	-0,108	0,208	-0,222	0,001
X25	0,009	0,160	-0,150	0,004	-0,211	-0,229	-0,069	0,673	1,000	0,123	0,154	-0,070	0,325	-0,171	0,036
X26	0,504	0,139	-0,283	-0,211	0,165	-0,185	-0,244	0,235	0,123	1,000	-0,062	-0,010	-0,038	-0,300	-0,118
X27	-0,076	0,383	0,219	0,122	0,231	-0,013	-0,010	-0,027	0,154	-0,062	1,000	0,050	0,293	-0,049	0,083
X28	-0,154	-0,037	0,259	-0,061	0,387	0,022	-0,019	-0,108	-0,070	-0,010	0,050	1,000	0,144	-0,052	0,004
X29	0,276	0,220	-0,097	0,114	0,182	0,038	-0,309	0,208	0,325	-0,038	0,098	0,144	1,000	0,293	0,071
X30	0,077	-0,025	0,026	-0,023	-0,032	0,117	0,098	-0,222	-0,171	-0,300	-0,049	-0,052	0,247	1,000	0,198
X31	-0,021	0,000	0,110	0,094	0,041	0,471	0,274	0,001	0,036	-0,118	0,083	0,004	0,071	0,198	1,000

Fonte: SPSS (2012).

Os resultados da análise de correlação expostos no Quadro 8 mostram associação entre diversas variáveis, sendo que as correlações apresentadas variam de nulas a altas.

5.5 ANÁLISE DE REGRESSÃO

O objetivo da regressão múltipla é descrever a relação entre uma variável resposta – dependente – e uma ou mais variáveis explicativas – independentes. O modelo de regressão múltipla foi construído com o propósito de identificar os fatores que influenciam o *lead time* logístico de sistemas produtivos metal-mecânico, buscando explicar a variável dependente (*lead time* logístico) por meio das variáveis explicativas levantadas (fatores de influência).

A regressão múltipla foi realizada para verificar a existência de associação entre a variável dependente e as variáveis explicativas. O Quadro 9 expõe a análise descritiva das variáveis, considerando a amostra da pesquisa ($n = 49$). No entanto, devido ao fato de haver dados incompletos (*missing*) nem todos os dados descritivos contabilizam o total de 49 respostas para as variáveis.

Quadro 9 – Análise descritiva

Variáveis	Média	Desvio Padrão	N
Y	34,94	35,608	41
X1	0,86	0,354	49
X2	0,61	0,492	49
X3	0,69	0,466	49
X4	0,24	0,434	49
X5	0,31	0,466	49
X6	0,33	0,474	49
X7	0,14	0,354	49
X8	0,31	0,466	49
X9	0,53	0,504	49
X10	0,16	0,373	49
X11	0,31	0,466	49
X12	0,41	0,497	49
X13	0,35	0,481	49
X14	0,31	0,466	49
X15	0,31	0,466	49
X16	8,51020	9,007225	49
X17	3,04082	6,357277	49
X18	0,86	0,354	49
X19	0,63	0,487	49
X20	0,53	0,504	49
X21	24,35417	33,815828	48
X22	0,51	0,505	49
X23	0,71	0,456	49
X24	4,76161	6,481725	44
X25	2,56511	3,421637	45
X26	12,13721	9,848399	43
X27	86,70455	12,472443	44
X28	1.104,11429	1.363,27826	42
X29	0,22	0,422	49
X30	0,12	0,331	49
X31	0,57	0,500	49

Fonte: SPSS (2012).

A equação do modelo de regressão múltipla foi estimada por meio do *software* estatístico SPSS, sendo utilizado os métodos *stepwise* e *backward*, de forma a chegar ao modelo estável. No primeiro método há a inclusão progressiva das variáveis independentes, acrescentando ao modelo final apenas as variáveis explicativas de influência significativa na variável dependente. Já no segundo método há a eliminação das variáveis independentes menos significativas ao modelo, desde que sua contribuição seja inferior ao limite estabelecido.

Partindo-se inicialmente das 31 variáveis explicativas selecionadas, referentes aos fatores que influenciam o *lead time* logístico de sistemas produtivos metal-mecânico na região sul do Brasil, e aplicando o método *stepwise*, chegou-se às 05 variáveis mais significativas, as quais encontram-se apresentadas no Quadro 10, juntamente com as estatísticas geradas pelo *software* SPSS.

Quadro 10 – Resultados da análise de regressão

	Unstandardized Coefficients		Std. Error	Standardized Coefficients		t	Sig.	95% Confidence Interval for B			Correlations			Collinearity Statistics	
	B			Beta				Lower Bound	Upper Bound		Zero-order	Partial	Part	Tolerance	VIF
(Constant)	40,358		11,433			3,530	0,001	17,071	63,646						
X6	-24,019		11,715	-0,320		-2,050	0,049	-47,882	-0,156		-0,291	-0,341	-0,294	0,846	1,182
X13	-13,948		11,505	-0,188		-1,212	0,234	-37,382	9,486		-0,059	-0,210	-0,174	0,852	1,174
X20	-15,077		10,722	-0,214		-1,406	0,169	-36,916	6,762		-0,216	-0,241	-0,202	0,892	1,121
X21	0,458		0,153	0,435		2,988	0,005	0,146	0,770		0,415	0,467	0,429	0,972	1,029
X24	0,865		0,812	0,157		1,065	0,295	-0,789	2,519		0,072	0,185	0,153	0,942	1,062

Fonte: SPSS (2012).

Foram mantidas no modelo as variáveis explicativas que apresentaram probabilidade de 70% ou mais de não serem nulas. As variáveis selecionadas para fazer parte do modelo consistem em Sistemas de Planejamento da Demanda – Sistemas Corporativos (X_6), Sequenciamento da Produção – manual (X_{13}), Plano de Tratamento de Exceções (X_{20}), Prazo de Entrega dos Materiais Críticos (X_{21}) e Percentual de Retrabalho (X_{24}).

Além disso, foi estimado o Fator de Inflação da Variância (*VIF*), que mede o quanto a variância dos coeficientes de regressão é afetada pela multicolinearidade. Hair Jr. et al (2005) afirmam que quando o *VIF* é igual a zero não há correlação entre as medidas independentes (multicolinearidade), e que o *VIF* igual a unidade indica alguma associação entre as variáveis, mas não o suficiente para gerar problemas. Os mesmos autores ressaltam que o valor máximo aceitável para *VIF* é cinco, visto que qualquer valor superior indica problemas de multicolinearidade. De acordo com o exposto no Quadro 10, pode-se verificar, por meio do valor do *VIF*, que a colinearidade não é um problema a ponto das variáveis serem descartadas.

O intervalo de confiança dos coeficientes mostra os valores mínimos e máximos que esse coeficiente pode assumir para uma probabilidade de ocorrência de 95%. Os testes efetuados bem como os coeficientes de determinação do modelo de regressão são apresentados no Quadro 11.

Quadro 11 – Coeficientes do modelo de regressão

R	R ²	R ² Adjusted	Std. Error of the Estimate	Change Statistics					Durbin-Watson
				R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change	
0.585	0.342	0.239	31,059	0,342	3,327	5	32	0,016	2,163

* Variável dependente: Y. Variáveis explicativas: X24, X13, X21, X20, X6.

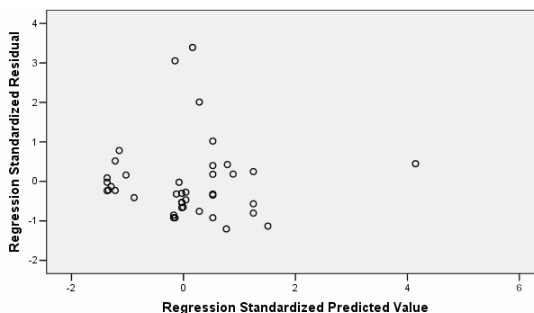
Fonte: SPSS (2012).

Inicialmente testou-se a significância do modelo de regressão estimado utilizando a estatística de teste F , proveniente da análise de variância da regressão. Para Hair Jr. et al (2005, p. 326) o teste F é “utilizado para comparar a variância explicada pela regressão para a variância não-explicada (residual), e o resultado nos diz se a relação global é estatisticamente significativa”. De acordo com o exposto no Quadro 11, pode-se verificar que o teste F confirmou a existência de regressão ao nível de significância menor que 1% (muito próximo de zero).

Os coeficientes individuais de regressão foram testados a fim de verificar a significância da relação entre cada uma das variáveis. Pode-se verificar que o coeficiente de determinação (R^2) é igual a 0,342 e o coeficiente de determinação ajustado (R^2) é 0,239 indicando o quanto dos erros em relação à média é justificado pelo modelo. Neste caso, as variáveis independentes utilizadas no estudo têm um poder de explicação do *lead time* menor que 50%.

Além disso, algumas das variáveis explicativas podem ser responsáveis por pequenos incrementos no *lead time* e que não se mostraram tão significativas para o setor metal-mecânico, foco deste estudo. De fato não foram levados em consideração neste modelo fatores relacionados com a produção do produto, como tipo de operação, complexidade do produto, qualidade e especificações técnicas do produto, assim como engenharia de projeto, que podem justificar os baixos coeficientes de determinação.

Foi analisada, ainda, a suposição de que os resíduos são normalmente distribuídos com média zero e desvio-padrão constante. Para isso, foi construído o gráfico dos resíduos *versus* valores estimados, com o propósito de verificar o comportamento dos resíduos da regressão (GRÁFICO 2).

Gráfico 2 – Resíduos *versus* valores estimados

Fonte: SPSS (2012).

Para verificar que os resíduos do modelo de regressão não são auto-correlacionados utilizou-se o teste de *Durbin-Watson* (d_w), cuja estatística varia de 0 a 4. No caso do modelo de regressão construído, o valor calculado para esta estatística é $d_w = 2,163$. Considerando os valores críticos tabelados para $n = 50$, 5 variáveis explicativas e nível de significância de 5% ($d_L = 1,34$ e $d_U = 1,7$), conclui-se pela independência dos resíduos, posto que $d_U < d_w < 4 - d_U$.

A seguir é apresentada a equação do modelo de regressão acerca dos fatores mais significantes na explicação do *lead time* logístico da indústria metal-mecânica.

5.5.1 Modelo para Estimação dos Fatores que Influenciam o *Lead Time* Logístico de Sistemas de Produção Metal-Mecânico

O modelo ajustado de regressão múltipla ficou constituído por 5 das 31 variáveis explicativas elencadas para este estudo. As variáveis inseridas no modelo foram: Sistema de Planejamento da Demanda – Sistemas Corporativos (X_6), Sequenciamento da Produção – Manual (X_{13}), Plano de Tratamento de Exceções (X_{20}), Prazo de Entrega dos Materiais Críticos (X_{21}) e Percentual de Retrabalho (X_{24}).

Com isto, a estimativa apresentada pelo modelo regressão para o valor do *lead time* (em dias) é a seguinte:

$$Y_i = 40358 - 24019X_6 - 13948X_{13} - 15077X_{20} + 0,458X_{21} + 0,865X_{24} \quad (5.2)$$

A partir do modelo de regressão estimado, percebe-se a influência de cada uma das variáveis no incremento ou na redução do *lead time*. Cada uma das variáveis e sua relação com o *lead time* são explicadas na sequência.

5.5.1.1 Sistema de Planejamento da Demanda – Sistemas Corporativos (X_6)

Os sistemas corporativos propiciam o registro de vendas, efetuam previsões além de determinar as necessidades de componentes e materiais, integrando as operações de forma sistêmica. A tecnologia e sistemas como ERP, EDI, ECR (*Efficiente Consumer Response* – Resposta Eficiente ao Consumidor), VMI (*Vendor Managed Inventory* – Estoque Gerenciado pelo Fornecedor), entre outros, favorecem o planejamento e a gestão participativa. A utilização de sistemas que auxiliam no processo decisório e aumentam a acuracidade nas previsões podem reduzir a complexidade das operações refletindo na redução do *lead time*.

A utilização de sistemas corporativos (X_6) no planejamento da demanda está diretamente relacionada com o *lead time* logístico dos sistemas produtivos metal-mecânico. O modelo ajustado sugere que a presença deste fator pode reduzir, em média, em 24 dias o *lead time* logístico. Isso se justifica devido ao planejamento ser realizado com dados mais confiáveis do que quando realizados sem o uso destas ferramentas.

Também o uso de técnicas para o planejamento faz com que a previsão seja mais acuraz. Deve-se lembrar, ainda, que a realização do planejamento da demanda também está correlacionada com o plano mestre de produção, em outras palavras, essas variáveis estão correlacionadas com o *lead time*.

Já o planejamento da demanda realizado de forma manual ou através de planilhas eletrônicas não produz reduções significativas no *lead time*. Isso pode ser justificado devido às dificuldades em manter séries históricas consistentes ou ainda pela dificuldade de transformar a demanda por produtos em demanda de componentes e materiais.

Além disso, os sistemas produtivos podem adotar uma perspectiva otimista, moderada ou pessimista diante do mercado, tendo por base as previsões da demanda e a projeção para o segmento no qual

atuam. Com previsões da demanda mais acertadas consegue-se prever possíveis oscilações no mercado, atendendo à demanda com maior agilidade e nível de serviço.

No entanto, os sistemas corporativos utilizados no planejamento das atividades devem ser condizentes com as operações do sistema produtivo e da cadeia de suprimentos na qual ele está inserido. Deve haver, ainda, um treinamento adequado e uma reorientação cultural por parte dos colaboradores com o propósito de garantir o bom funcionamento do sistema corporativo. A reengenharia dos processos nos sistemas produtivos deve ocorrer de forma abrangente, incluindo seu quadro funcional.

5.5.1.2 Sequenciamento da Produção – Manual (X_{13})

Para Correa, Giansesi e Caon (2006), o sequenciamento da produção diz respeito à decisão de quais atividades produtivas devem ser realizadas, quando e com quais recursos (matérias-primas, máquinas, operadores, ferramenta, entre outros) para atender a demanda. O sequenciamento visa definir as prioridades (ordens) das atividades a serem desenvolvidas até os fatores mais relevantes em determinado momento.

Pode-se afirmar que o objetivo do sequenciamento da produção é a programação dos recursos e das prioridades dos sistemas produtivos, determinando onde e quando uma ordem de produção será feita. Isso se traduz na otimização das atividades do sistema produtivo, visando atender ao cliente no menor prazo possível e com nível de serviço adequado, reduzindo o desperdício e minimizando o *lead time*.

Uma vez que o sistema de produção possui as informações acerca da disponibilidade de equipamentos, matérias-primas, operários, processo de produção, tempos de processamento, prazos e prioridade das ordens de fabricação; as ordens de produção podem ser sequenciadas e distribuídas aos centros produtivos de maneira otimizada.

Por meio do modelo de regressão estimado, pode-se perceber que, com a realização do sequenciamento da produção de forma manual, as empresas tendem a reduzir em média 14 dias o seu *lead time*. Obteve-se significância no sequenciamento da produção de forma manual, no entanto, não se observou significância nas demais formas (planilha eletrônica e sistemas corporativos).

O sequenciamento da produção manual possui maior flexibilidade na correção de possíveis erros ou desvios de execução durante a operação. Enquanto, a realização do sequenciamento da produção por meio de planilhas eletrônicas apresenta dificuldades de se fazer ajustes consistentes, não tendo a efetividade do manual. Isso ocorre possivelmente por conta da rigidez desses processos de alocação dos recursos e pela dificuldade em se implantar esses sistemas de modo a se adaptar automática e rapidamente às mudanças e às correções necessárias a possíveis desvios de planejamento.

A aplicação dos métodos de sequenciamento através de sistemas corporativos (ERP) aparentemente também não traz resultados significativos para redução do *lead time*. Uma possível explicação para isso pode estar na falta de processos automatizados que integrem o planejamento e a produção, dificultando a tomada de respostas rápidas quando de mudanças no processo de execução.

Dessa forma, o sistema produtivo pode atuar, no que tange a ordem de produção, de diversas formas tais como priorizando o cliente, a data de entrega, a redução no tempo de *setup*, bem como alguns métodos como o LIFO (*Last in, first out* - Último a entrar, primeiro a sair) ou FIFO (*First in, first out* - Primeiro a entrar, primeiro a sair).

5.5.1.3 Plano de Tratamento de Exceções (X_{20})

Considerando a volatilidade do mercado e o acesso instantâneo à informação por parte dos clientes, os quais se tornam cada vez mais exigentes, os sistemas produtivos devem estar preparados para atender à demanda no menor tempo possível.

O modelo ajustado aponta que a presença de planos específicos para o tratamento de exceções (X_{20}) tende a reduzir o lead time dos sistemas produtivos na média em 15 dias. Consideram-se exceções a quebra de máquinas, a falta de materiais, a falta de um transporte adequado, entre outros. Isso sugere que as empresas que mantêm um plano de tratamento de exceções conseguem solucionar esses problemas de modo mais imediato que aquelas onde os problemas ainda precisam ser estudados para encontrar alternativas que resolvam de modo satisfatório a questão. Em outras palavras, as empresas que possuem um plano de tratamento de exceções estão melhor preparadas para enfrentar possíveis imprevistos.

Com um planejamento prévio e estruturado de exceções o excesso de materiais em estoque pode ser evitado, bem como a ruptura

dos mesmos, filas e uma possível parada no processo produtivo, reduzindo o *lead time*.

5.5.1.4 Prazo de Entrega dos Materiais Críticos (X_{21})

Os materiais críticos são considerados fundamentais para o início e/ou continuidade do processo produtivo, sem os quais o sistema produtivo não consegue concluir os produtos e atender à demanda. Esses materiais em geral possuem um custo e/ou volume elevados, o que dificulta o sistema produtivo manter grande quantidade em estoque, ficando à mercê do estoque do fornecedor.

O prazo de entrega dos materiais críticos influencia diretamente o *lead time*. Entretanto, como pode-se verificar na fórmula 5.2, na média apenas 45,8% do tempo de entrega dos materiais críticos tende a ser repassado para o *lead time*. De fato, parte dos materiais críticos é mantida sob controle em estoque, de modo que não necessariamente se tenha que aguardar a entrega dos mesmos para executar a produção, o que justifica o valor deste coeficiente ser menor que 1 (um).

5.5.1.5 Percentual de Retrabalho (X_{24})

O retrabalho, dependendo do tipo de produto fabricado e da estrutura do sistema produtivo, acarreta prejuízos para a empresa e seus clientes. Para evitar o retrabalho deve-se ter máquinas bem reguladas a fim de evitar o desgaste e produtos defeituosos, além de uma equipe de trabalho bem preparada e matérias-primas de qualidade.

O aumento de 1% (um por cento) no retrabalho (X_{24}) pode aumentar o *lead time* dos sistemas produtivos, em média, 0,865 dias. A existência de retrabalho implica na imobilização de recursos produtivos, materiais, humanos, financeiros e de tempo na produção de produtos defeituosos, a fim de que esses possam ser comercializados.

Um fato interessante, que pode ser observado, é que estes 0,865 dias representam aproximadamente 2,14% do tempo médio de *lead time* (40,358 dias). Isto parece coerente devido ao fato de que ao efetuar o retrabalho é comum ter que desfazer parte do trabalho realizado e voltar a realizá-lo novamente, geralmente em condições não ideais.

Ressalta-se, ainda, que o nível de retrabalho está diretamente correlacionado com refugo e, portanto, ambos fatores estão

influenciando o *lead time* logístico dos sistemas produtivos do setor em estudo.

5.5.2 Correlação entre as Variáveis Utilizadas

Cinco variáveis se mostraram significativas na determinação do *lead time*: Sistema de Planejamento da Demanda – Sistemas Corporativos (X_6), Sequenciamento da Produção – Manual (X_{13}), Plano de Tratamento de Exceções (X_{20}), Prazo de Entrega dos Materiais Críticos (X_{21}), Percentual de Retrabalho (X_{24}). Estas variáveis mantêm entre si níveis de correlação considerados leve e quase imperceptíveis a pequenos, mas definidos, sendo que os resultados da análise das correlações podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2 – Correlação entre as variáveis utilizadas no modelo

	X6	X13	X20	X21	X24
X6	1,000	-0,325	0,219	-0,018	0,143
X13	-0,325	1,000	-0,259	-0,078	0,024
X20	0,219	-0,259	1,000	0,085	-0,114
X21	-0,018	-0,078	0,085	1,000	-0,137
X24	0,143	0,024	-0,114	-0,137	1,000

Fonte: SPSS (2012).

Contudo, ao analisar a correlação destas mesmas variáveis com as demais, que não foram incluídas no resultado da regressão linear, observam-se algumas relações importantes, como mostra o Quadro 12.

Quadro 12 - Correlações existentes com as variáveis do modelo

Variáveis Significativas	CORRELAÇÃO MODERADA ($\pm 0,41$ A $\pm 0,70$)
X_6	X_5 (-0,462), X_8 (-0,462), X_9 (+0,655), X_{12} (+0,573), X_{15} (+0,576), X_{31} (+0,427)
X_{13}	X_4 (0,482), X_7 (0,560), X_{10} (0,490), X_{12} (-0,431), X_{14} (-0,484), X_{15} (-0,484)
X_{20}	-
X_{21}	-
X_{24}	X_{25} (0,673)

Fonte: Autora (2012).

As variáveis que apresentaram uma correlação acentuada foram excluídas do modelo final de regressão. Isso se justifica devido a uma variável ser covariante com outra variável independente presente no modelo, ou seja, um fato pode ser explicado por mais de uma variável. Deste quadro conclui-se que:

- empresas que realizam o planejamento da demanda com sistemas corporativos (X_6) também tendem a utilizar estes mesmos sistemas corporativos para planejar as necessidades de materiais (X_9), para realizar o plano mestre de produção (X_{12}), e para sequenciar a produção (X_{15}). Além disso, observa-se a tendência destas empresas em manterem planos emergenciais para obtenção de suprimentos (X_{31});
- empresas que realizam o sequenciamento da produção por meios manuais (X_{13}) apresentam a tendência de usar métodos manuais para prever a demanda (X_4), planejar as necessidades de materiais (X_7) e realizar o plano mestre de produção (X_{10});

- empresas que apresentam elevado percentual de retrabalho (X_{24}) também costumam apresentar percentuais mais elevados de refugos (X_{25}).

Assim, pode-se induzir que estas variáveis correlacionadas também podem estar influenciando o *lead time* de modo conjunto com as variáveis selecionadas pela análise de regressão. Em outras palavras, o uso de sistemas corporativos (ERP) para planejar demanda (X_6), planejar os requerimentos de materiais (X_9), realizar o plano mestre de produção (X_{12}) e sequenciar a produção (X_{15}), além da manutenção de planos emergenciais para obtenção dos suprimentos (X_{31}) é responsável pela redução de 24 dias no *lead time* médio observado no segmento estudado.

Além disso, quando estas mesmas tarefas de planejamento são realizadas de modo manual (X_4, X_7, X_{10} e X_{13}), observa-se que a redução média do *lead time* limita-se a 15 dias. Entretanto, não foram observadas reduções significativas quando estas atividades são realizadas por meio do uso de planilhas eletrônicas. O termo manual, entretanto, usado neste contexto, abre algumas discussões. De fato, pode ter havido o entendimento de que qualquer tarefa de planejamento realizada com a intervenção do operador, seja ela realizada ou não com o uso de alguma ferramenta computacional, enquadra-se na categoria “manual”.

No que tange ao percentual de retrabalho, observou-se uma correlação moderada (quase alta) com o percentual de refugo.

5.6 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

Há diversos fatores que interferem no andamento dos processos e no fluxo dos produtos nos sistemas produtivos, fazendo com que seu *lead time* sofra alterações. Este capítulo discorreu sobre aspectos que podem influenciar o *lead time* logístico de sistemas produtivos em geral, bem como foi apresentada uma proposta estruturada desses fatores que podem influenciar o *lead time*.

A exposição dos possíveis fatores que podem influenciar o *lead time* logístico de sistemas produtivos, ilustrados na estrutura hierárquica, levou em consideração o referencial teórico consultado para esta tese, bem como observações junto ao segmento produtivo. Os possíveis

fatores foram subdivididos e adaptados de acordo com os componentes de *lead time* expostos por Christopher (2008) (*Lead time* comercial e de planejamento, *Lead time* dos materiais, *Lead time* para a montagem, *Lead time* para a distribuição e entrega).

A partir da estruturação dos fatores que influenciam o *lead time* logístico, foi elaborado o instrumento de coleta de dados (questionário) que foi pré-testado e, após revisão, aplicado junto às empresas do setor metal-mecânico da região sul do Brasil. Os dados obtidos foram analisados e tabulados, possibilitando o estabelecimento de correlações entre as variáveis explicativas e a construção do modelo de regressão múltipla.

O modelo de regressão possibilitou correlacionar os fatores de maior significância no *lead time* logístico de sistemas produtivos do setor em estudo. O modelo estimado indica que a redução do *lead time* torna-se maior em sistemas de produção que operam com sistemas de planejamento da demanda (X_6) e plano mestre de produção por meio de sistemas corporativos (X_{12}), que realizam sequenciamento da produção por meio manual (X_{13}) e que possuem um plano de tratamento de exceções (X_{20}). Em contrapartida, sistemas produtivos que possuem um prazo de entrega elevado dos materiais críticos por parte dos fornecedores (X_{21}) e que possuem um percentual de retrabalho (X_{25}) elevado terão seu *lead time* ampliado.

O fato das demais variáveis não integrarem o modelo ajustado não significa que essas variáveis explicativas não possam ser relevantes individualmente para as empresas do setor pesquisado. Essas variáveis apenas não se mostraram significativas para justificar de forma consistente a variação no *lead time* para esse setor.

Além disso, podem existir outros fatores que influenciam no *lead time* dos sistemas produtivos e que não foram contemplados neste estudo. De fato o coeficiente de determinação para o modelo de regressão foi baixo, o que significa dizer que os fatores apresentados explicam apenas parcialmente a variabilidade no *lead time*. Em face dessa limitação e do pequeno tamanho da amostra coletada não é possível validar o modelo usando técnicas usuais da estatística. Esses dois fatos fizeram com que houvesse a necessidade de legitimar o trabalho realizado, a fim de confirmar e/ou refutar os resultados encontrados.

No próximo capítulo será descrito o processo de legitimação, conforme previamente apresentado no capítulo 3.

6 LEGITIMAÇÃO

O tempo tem se tornado um direcionador de competitividade. Dessa forma, saber que fatores possibilitam a redução do *lead time* das empresas torna-se um diferencial competitivo no concorrido mundo dos negócios. Foi com base nesta perspectiva, que o trabalho foi desenvolvido até então. Contudo, dado ao baixo valor do coeficiente de determinação encontrado para o modelo de regressão, e os níveis de significância adotados, julgou-se pertinente a realização de uma etapa adicional para legitimar os resultados.

De posse dos resultados do modelo de regressão dos fatores que influenciam o *lead time* logístico dos sistemas produtivos metal-mecânico partiu-se para o processo de legitimação. A legitimação buscou confirmar e/ou refutar os resultados, bem como identificar possíveis fatores que não tenham sido contemplados na estrutura hierárquica proposta para representar os fatores que afetam o *lead time* logístico.

Para legitimar uma pesquisa, tornando-a verdadeira e confiável, deve-se analisar (KOCH; HARRINGTON, 1998; ONWUEGBUZIE; JOHNSON, 2006; VOLTOLINI, 2010): (i) a credibilidade; (ii) a possibilidade de transferência dos resultados para outros ambientes ou situações; (iii) a confiabilidade dos resultados; (iv) a condição de confirmação.

A etapa de legitimação ocorreu no período entre fevereiro e março de 2012. Para esta etapa foram selecionados três especialistas pela sua ligação com o meio industrial e acadêmico, cuja caracterização encontra-se no Anexo A. Também foi solicitado a participar deste processo os 45 respondentes da pesquisa, que previamente manifestaram o interesse em conhecer os resultados do estudo. Para estes participantes, foi enviado um resumo (Apêndice D) contendo os resultados e conclusões encontradas a partir das análises estatísticas realizadas, além de um questionário (Apêndice D) cujas respostas foram utilizadas como laudo de legitimação. Dos 45 respondentes que manifestaram interesse nos resultados da pesquisa, 14 retornaram o questionário preenchido, com as considerações referentes ao processo de legitimação no prazo solicitado. Estas respostas, bem como as respostas dos especialistas, encontram-se documentadas no Apêndice E e F respectivamente.

6.1 LEGITIMAÇÃO DOS RESULTADOS POR PARTE DOS ESPECIALISTAS

Os três especialistas selecionados possuem formação acadêmica e atuação profissional na área de estudo, sendo que esses legitimaram a pesquisa quanto à consistência e aplicabilidade prática, à veracidade e compreensibilidade dos resultados.

Verificou-se, de acordo com os especialistas, que há convergência da estrutura hierárquica dos fatores que influenciam o *lead time* com o objetivo geral da tese, sendo que neste quesito houve unanimidade entre os respondentes. Isso se deve ao fato dos fatores apontados como críticos terem relação direta com o *lead time*, vista a significância estatística apresentada por cinco dos fatores identificados na estrutura hierárquica. De acordo com o especialista E1, o modelo é consistente, visto que

é difícil encontrar outras causas que não possam ser descritas como particularidades dos pontos apresentados. Com essa linguagem mais abrangente é mais fácil agrupar as diferentes causas do problema, mas pode gerar alguns erros de interpretação nocivos à fase de quantificação de tais causas. Este risco, entretanto, é minimizado neste trabalho, pois o questionário é bem direcionado e instrui o leitor em cada um dos aspectos que devem ser avaliados.

Ao considerar o objetivo geral da tese, dois especialistas julgaram as conclusões encontradas uma informação relevante, visto que o *lead time* trata-se de um tema relevante no gerenciamento de operações e, ao conhecer as variáveis com maior impacto no mesmo, é possível efetuar melhorias em diversas áreas na indústria metal-mecânica, tais como planejamento de vendas, planejamento de fábrica e de materiais (E1 e E2).

De acordo com o especialista E2, melhorias na gestão do *lead time* podem impactar positivamente a empresa sobre o ponto de vista financeiro, através da redução de estoques e consequente liberação de capital, e no ponto de vista de serviços ao cliente, com a redução dos prazos de entrega. Além disso, conforme o especialista E1 pode-se afirmar que, no ambiente estudado, o primeiro desafio é identificar a causa dos problemas, o que confirma a relevância e o uso dos resultados encontrados.

Outro especialista (E3) afirma que as conclusões encontradas são em parte relevantes, visto que, apesar da importância de saber quais fatores produzem maior impacto no *lead time*, pode haver outros fatores mais relevantes, os quais podem ser importantes para direcionar ações de melhoria no ambiente empresarial e que não foram contemplados neste estudo. Cabe ressaltar que, este estudo, orienta-se apenas à identificação e quantificação do impacto dos fatores no *lead time* logístico.

Ao questionar os especialistas quanto à conexão das conclusões apresentadas com a realidade empresarial, os três afirmaram ser possível verificar na prática as conclusões encontradas neste estudo. Destaca-se, conforme o especialista E2, a relevância do planejamento da demanda e do sequenciamento da produção na influência no *lead time*, visto que esses fatores, em conjunto, fazem a conexão entre vendas e produção, de forma a diminuir o tempo de fila.

No entanto, dois especialistas (E1 e E3) afirmaram certa estranheza na significância do sequenciamento da produção manual, tendo em vista que as empresas operam com um volume de dados muito grande, o que dificulta a geração de um sequenciamento otimizado em tempo relativamente curto. Além disso, o especialista E1 afirma que, em se tratando da indústria automobilística, há particularidades e complexidades dos produtos, sendo praticamente impossível realizar o sequenciamento sem uma boa ferramenta de ERP. Sem analisar as inúmeras restrições de viabilidade de componentes para produção, a definição de uma sequência pode gerar inúmeros efeitos colaterais para o fluxo produtivo. De fato, esta consideração é procedente, mas ressalta-se que a realização do sequenciamento da produção por meios manuais garante encontrar apenas uma solução razoável para o problema. Também não foi preocupação deste estudo a identificação das relações existentes entre os fatores levantados com o *lead time* de cada segmento industrial em particular (fabricação de autopeças, fabricação de ferramentas, fabricação de máquinas, entre outros). Assim, nada se pode afirmar a este respeito a partir deste estudo.

No que diz respeito a outros fatores significativos na determinação do *lead time* e que não foram contemplados nas conclusões apresentadas, os especialistas mencionaram alguns aspectos, dos quais se destaca os que entende-se que devam ser melhor analisados:

- **dinâmica de vendas** - frequência com que os clientes fazem os pedidos, qual o tamanho médio desses pedidos, com que frequência ocorrem mudanças em pedidos colocados, entre outras. Talvez esta variável tenha uma forte correlação positiva com a previsão da demanda, mas seria importante entender qual a significância dela na composição do *lead time*;
- **porte da empresa** – relação do porte da empresa com o *lead time*;
- **desdobramento do *lead time*** - percentual de *lead time* interno, subdividindo entre as etapas internas e entrega;
- **distinção por tipo de empresa** – separação do *lead time* em empresas que atuam segundo *make-to-order*, *make-to-stock*, *make-by-project*, entre outras, o que poderia ser confrontado com o tipo de sistema de produção adotado pela empresa, que não se mostrou significativo no modelo de regressão.

De acordo com o especialista E3, este trabalho “é relevante ao ambiente empresarial e atua sobre uma dimensão competitiva crescentemente relevante, o tempo. Entender as variáveis mais significativas é passo inicial para estabelecer ações de melhoria de *performance*”.

Além disso, os especialistas efetuaram algumas considerações acerca deste estudo e dos resultados encontrados, ressaltando a importância que o uso de sistemas ERP, a definição de planos para tratamento de exceções, a redução dos prazos de entrega de componentes críticos e a eliminação do retrabalho em produtos defeituosos podem ter na redução do *lead time*. De acordo com o especialista E1, tais características são mais facilmente encontradas, ou ao menos tem maior potencial de serem bem estabelecidas em empresas de maior porte. Entretanto, empresas que possuem sistemas corporativos para o planejamento de suas atividades, tendo como vantagem o seu porte, podem ter maior influência sobre a cadeia de suprimentos, gerando *lead times* mais favoráveis.

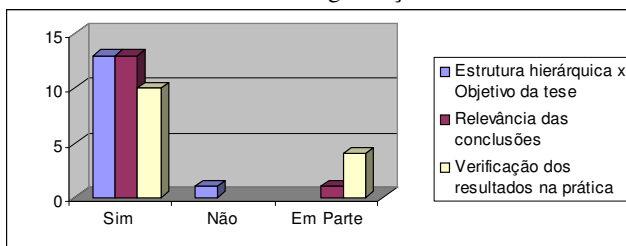
De modo geral, os fatores expostos na estrutura hierárquica e os fatores que se revelaram mais significativos no modelo de regressão foram aceitos pelos especialistas, sendo considerados coerentes com o ambiente empresarial e com o objetivo deste estudo.

6.2 LEGITIMAÇÃO DOS RESULTADOS POR PARTE DOS GESTORES DOS SISTEMAS PRODUTIVOS

Além dos três especialistas, 14 gestores ligados ao meio industrial participaram do processo de legitimação, confirmando a consistência, a aplicabilidade prática, a veracidade e a compreensibilidade dos resultados encontrados.

Considerando a estrutura hierárquica dos fatores que influenciam o *lead time* logístico, 13 gestores afirmaram haver convergência destes fatores com o objetivo geral da tese, e apenas um afirmou não ter encontrado tal convergência. No que diz respeito às conclusões encontradas, 12 gestores afirmaram se tratar de informações relevantes e dois disseram ser parcialmente relevantes. Ao serem questionados sobre a conexão das conclusões apresentadas com a realidade empresarial, 10 gestores afirmaram ser possível verificá-las na prática e quatro responderam que esta verificação é apenas parcial. Os resultados obtidos no laudo de legitimação podem ser visualizados no Apêndice F e sintetizados no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Resultado do Processo de Legitimação



Fonte: Pesquisa (2012).

De acordo com a maioria dos gestores, é possível verificar a convergência da estrutura hierárquica dos fatores que influenciam o *lead time* logístico com o objetivo geral da tese. Para estes gestores, a estrutura hierárquica dos fatores que influenciam o *lead time* está clara e objetiva, assim como a justificativa de inclusão desses fatores no modelo, demonstrando a existência de coerência (G3, G7, G8, G9 e G11). Ao analisar os fatores apresentados, verifica-se que esses são pertinentes com o tema desta tese e na prática se mostram responsáveis pelo aumento ou diminuição do *lead time* de produção na grande maioria das empresas do setor metal-mecânico.

Foi salientado por um dos gestores que, estando o *lead time* diretamente relacionado aos setores da produção, foi coerente englobar na pesquisa desde o recebimento de materiais até a entrega do produto, passando pelos processos como planejamento, sequenciamento, inclusive o tratamento de casos específicos como *setup* de máquinas e exceções como quebra de máquinas (G1).

O gestor que não identificou convergência entre a estrutura hierárquica dos fatores que influenciam o *lead time* logístico e o objetivo geral da tese, afirmou não conseguir visualizar um modelo de convergência dos fatores que fosse representativo (G5).

Também foi questionada a importância e a relevância dos resultados e das conclusões encontradas. Ao responder este questionamento, os gestores ressaltam a importância do planejamento de demanda e do sequenciamento de produção como fatores fundamentais na influência do *lead time*, os quais fazem parte do modelo encontrado, além de confirmarem que o fato de se conhecer estes fatores auxilia na tomada de decisão (G5) e possibilita ações de melhoria do processo, caracterizando a relevância desta pesquisa. Foi afirmado, ainda, que os fatores citados acabam influenciando, na prática, o *lead time* (G3 e G10), visto que, empresas que planejam a sua produção e mantêm soluções prévias para tratar de imprevistos, conseguem reduzir o prazo de entrega de seus produtos, o que se configura em um diferencial na satisfação do cliente (G3).

Nota-se, ainda, a relação direta e de grande influência no *lead time* dos 5 fatores relacionados no modelo, baseado na sistemática da produção e nos recursos utilizados (G12). Os resultados encontrados possuem informações significativas em relação ao *lead time*, que podem ser utilizadas na tomada de decisões, “quebrando alguns paradigmas sobre planejamento de demanda e materiais críticos” (G14).

De acordo com os gestores G1 e G8, o resultado da pesquisa apresenta informações que abrangeram os pontos chave que influenciam o *lead time*, dos quais se tendo conhecimento é possível revê-los, a fim de reduzir o *lead time* e consequentemente aumentar a rotatividade dos estoques.

Os resultados possibilitam, ainda, a avaliação quanto a decisões de investir (ou não) em sistemas corporativos que efetuem o planejamento da demanda e o sequenciamento da produção, dependendo da complexidade das operações da empresa (G12). Para um dos respondentes, cabe salientar que as informações são relevantes principalmente para demonstrar que as empresas que utilizam sistema de ERP diminuem o seu *lead time* (G13).

Para um dos respondentes, o planejamento, sistemas de ERP ou planilhas eletrônicas são simples ferramentas de gestão, sendo assim, o resultado por elas proporcionado provém da sua utilização que deriva de conceitos básicos da administração: planejar, organizar, controlar, desenvolver pessoas, delegar, entre outros (G6).

Pode-se afirmar, de acordo com um dos gestores, que “grande parcela das empresas do setor metal-mecânico, não só da região Sul, mas do Brasil, possui sérios problemas de *lead time*, muitas vezes tornando seu produto pouco competitivo” (G11). Isso se agrava pela falta de visibilidade dos reais fatores que afetam o *lead time* da indústria e, com os resultados apresentados, é possível direcionar e auxiliar as empresas do segmento a entender melhor seus processos produtivos no que diz respeito ao *lead time*.

Entretanto, o gestor G7 julgou os resultados e as conclusões encontradas uma informação parcialmente relevante, afirmando que alguns pontos sugerem a necessidade de uma nova avaliação antes de se tirar uma conclusão definitiva.

No que diz respeito à conexão entre as conclusões apresentadas a partir do modelo de regressão e a realidade empresarial, pode-se afirmar, de acordo com a maioria dos gestores (10) que elas ocorrem na prática. Os resultados encontrados fazem parte da realidade diária vivenciada na indústria, tabulados de tal forma que auxilia na visualização dos problemas e possíveis ações para melhorias.

Os gestores afirmaram, ainda, que os resultados da pesquisa mostram os pontos críticos dos processos de produção (G1), havendo grande afinidade com a realidade empresarial do setor metal-mecânico brasileiro, onde na maioria das situações não é feita uma análise profunda dos fatores que afetam o *lead time* (G11). Dessa forma, esta tese pode ser usada como fonte de informações e orientação para as empresas no que diz respeito ao *lead time*.

Foram salientados resultados como o planejamento da demanda e de tratamento de exceções, visto que a quebra de uma máquina ou equipamento pode interferir no prazo final de entrega, havendo risco de não cumprir os prazos acordados (G3). Além disso, o gestor G8 ressaltou a importância da redução do retrabalho, que muitas vezes não é estimado e passa despercebido, principalmente quando repercute no *lead time* de produtos acabados.

De acordo com o gestor G12, em muitas empresas, o sequenciamento é inexistente ou feito de forma manual, devido à falta de informações para um melhor aproveitamento das ferramentas corporativas. Pode-se dizer que a conexão com a realidade depende do

porte e da área de atuação da empresa, visto que, de acordo com um gestor (G4), na realidade por ele vivenciada, dois aspectos são fundamentais no incremento do *lead time*, são eles o tempo de *setup* e o tamanho de lote de produção. Ao reduzir o tempo de *setup* é possível reduzir o tamanho dos lotes de produção e, conseqüentemente, o *lead time*, desde que se opere com a política de estoque de segurança para componentes críticos (G4).

Entretanto, alguns fatores foram considerados pouco relevantes, em especial para indústrias que não possuem sistemas corporativos (ERP) ou que possuem um sistema de produção puxada (G14). Somando-se a isso, foi salientado, por um dos gestores (G5), que a utilização do ERP não necessariamente contribui para um melhor planejamento da demanda caso o sistema não esteja integrado da forma adequada com a estrutura operacional da empresa, sendo assim, a utilização correta de técnicas de planejamento da demanda devem ser consideradas.

Outro fato ressaltado pelo gestor G6 foi que existem empresas com planejamento e gestão por planilhas eletrônicas com *lead time* e acuracidade de entregas a níveis de excelência, enquanto outros com planejamento e gestão via sistemas estruturados possuem *lead time* e acuracidade de entrega a níveis que podem levar a empresa à falência. Dessa forma, de acordo com o gestor G7,

o *mix* de produtos, modelos de negócios e posicionamento de mercado de algumas empresas geram comportamentos que não seguem padrões ou que possam vir a se repetir. O PCP e seus métodos devem ser tratados e avaliados de forma instantânea, impactando de forma expressiva nos fatores de influência do *lead time*.

Também foram elencados pelos gestores diversos fatores adicionais que poderiam integrar a estrutura hierárquica desenvolvida. Entre eles destacam-se aqueles que entende-se que devam ser melhor avaliados:

- **Negociações de preços** - mesmo com contratos, devido a crescentes repasses de aumento de matéria-prima e mão-de-obra, entre outros, os materiais podem ficar retidos aguardando negociação por parte do setor comercial, o que impacta no *lead time*;

- **Fatores culturais e treinamento da mão-de-obra** - podem influenciar a produção e consequentemente o *lead time*;
- **Acurácia da previsão de demanda** - tão importante quanto a realização do planejamento da demanda é o empenho em se conseguir obter previsões aderentes à realidade do mercado, incluindo o tratamento da aleatoriedade e sazonalidade da demanda;
- **Produção sob encomenda** - esse tipo de produção demanda tempo adicional para realização da engenharia do produto e planejamento do processo de produção; assim, quanto maior o nível de desenvolvimento ou exigência do cliente para um dado produto, maior será o *lead time*;
- **Projeto do produto e planejamento do processo** - nestas etapas, quando bem realizadas, pode-se obter reduções significativas no tempo de produção e consequentemente no *lead time* dos pedidos.

De modo geral, os gestores confirmaram os fatores expostos na estrutura hierárquica e que se revelaram mais significativos no modelo de regressão, sendo esses condizentes com a realidade empresarial vivenciada pelos mesmos.

6.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

Após o recebimento dos laudos de legitimação produzidos pelos especialistas e pelos gestores consultados, foi efetuada a análise dos mesmos por parte do pesquisador. Pode-se afirmar que houve convergência entre a opinião dos especialistas e dos gestores, no que diz respeito aos fatores que influenciam o *lead time* logístico, detectados neste trabalho.

Considerando as limitações desta tese e desconsiderando as peculiaridades de cada empresa, os fatores contidos na estrutura hierárquica são condizentes com a realidade, assim como a quantificação dos mesmos através do modelo de regressão, segundo a opinião dos indivíduos que participaram do processo de legitimação. Assim, a hipótese de que os fatores existentes na literatura não são, na prática, igualmente significativos para a determinação do *lead time* logístico na indústria metal-mecânica, foi testada através do modelo de regressão, e os resultados obtidos foram legitimados pelos especialistas contatados e pelos gestores que forneceram os dados das empresas pesquisadas.

No próximo capítulo são apresentadas as considerações finais deste estudo, bem como recomendações para trabalhos futuros.

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

7.1 CONCLUSÕES

Em tempos de competitividade acentuada, onde as empresas buscam um diferencial competitivo sustentado no mercado, o tempo torna-se fundamental na satisfação das necessidades e desejos dos clientes. A mensuração do *lead time* em cadeias produtivas e logísticas pode ser útil para as empresas manufatureiras traçarem suas estratégias no mercado.

Face ao exposto, o presente trabalho teve por objetivo principal identificar e quantificar os fatores que na prática são determinantes e influenciam de modo significativo o *lead time* logístico de sistemas de produção do setor metal-mecânico. Para alcançar tal objetivo, foi efetuada uma pesquisa bibliográfica sobre os aspectos que norteiam o conceito de *lead time*, bem como sua composição e a forma de medição expostos na literatura, a fim de verificar o tratamento conferido ao tema.

Para fins deste estudo, foi considerado o *lead time* logístico, que compreende o tempo desde a colocação do pedido até a entrega ao cliente final, incluindo todas as etapas desse processo. A partir disso, este estudo buscou contribuir com a sistematização dos possíveis fatores que influenciam no *lead time* em uma estrutura hierárquica, sob a perspectiva adaptada de Christopher (2008), que subdivide o *lead time* em: comercial e de planejamento, de materiais, para a montagem, para a distribuição e entrega.

Os resultados obtidos, após questionamentos feitos junto à indústria metal-mecânica do sul do Brasil, foram submetidos ao modelo de regressão, a fim de verificar a sua significância na determinação do *lead time*. Os fatores que se revelaram mais significativos para este fim, consistem em: uso de Sistemas Corporativos para Planejamento da Demanda (X_6), uso de métodos manuais para o Sequenciamento da Produção (X_{13}), existência de Planos Estruturados para Tratamento de Exceções (X_{20}), Prazo de Entrega dos Materiais Críticos (X_{21}) e Percentual de Retrabalho (X_{24}).

Ao analisar a correlação entre as variáveis que não se mostraram relevantes com as que integraram o modelo de regressão verificou-se que: (i) empresas que utilizam sistemas corporativos para o planejamento da demanda tendem a utilizar o mesmo sistema para o

plano mestre de produção e para o sequenciamento da produção, além de manterem planos emergenciais para suprimentos; (ii) as empresas que utilizam meios manuais para efetuar o sequenciamento da produção tendem a realizar o planejamento da demanda e das necessidades de materiais e o plano mestre da produção da mesma forma; (iii) empresas que possuem elevado percentual de retrabalho também apresentam elevado percentual de refugo. Nota-se que as observações (i) e (ii) tendem a ser excludentes entre si, isto é, se a empresa opta pelo uso de sistemas corporativos para efetuar o planejamento, ela não o faz por meios manuais e vice-versa.

Apesar de não ter sido possível validar de forma definitiva os fatores mais relevantes através do modelo de regressão múltipla, dado ao baixo coeficiente de determinação encontrado no modelo e a amostra de tamanho reduzido, as evidências apontam que os fatores citados são significativos. Para legitimar as conclusões aqui apresentadas, fez-se uso de uma etapa adicional, na qual foram questionados especialistas vinculados à indústria e à academia, além de um grupo de gestores que participou da coleta de informações junto ao setor pesquisado, os quais se manifestaram quanto à consistência, à aplicabilidade prática, à veracidade e à compreensibilidade dos resultados encontrados.

De acordo com a maioria das respostas dos especialistas e gestores, pode-se afirmar que os fatores expostos na estrutura hierárquica estão condizentes com o objetivo geral desta tese, assim como os resultados encontrados no modelo quantitativo e as conclusões auferidas são relevantes e possuem conexão com a realidade empresarial.

Entretanto, podem existir alguns fatores que influenciam o *lead time* e que não foram contemplados nesta tese, ou que inicialmente configuravam-se como variáveis e que não se mostraram significativas no modelo quantitativo. Esses fatores, elencados no capítulo 6, podem ser utilizados em pesquisas futuras, a fim de verificar a real influência no *lead time*.

Tais aspectos confirmam a preocupação das indústrias com o aprimoramento de suas atividades, comprometidas com a mudança, em prol de uma maior agilidade e flexibilidade em seus processos. Neste sentido, esta tese representa uma contribuição importante para identificação e mensuração dos fatores mais relevantes no *lead time* logístico do setor metal-mecânico. Com os resultados obtidos as empresas podem efetuar melhorias nos seus processos, buscando a redução do tempo no atendimento de seus clientes, e com isso obter ganhos de competitividade.

7.2 RECOMENDAÇÕES

Pires (2004) enfatiza que existem outras causas do aumento do *lead time* as quais ainda não foram contempladas na literatura, propiciando alternativas de novos estudos, uma vez que esse assunto requer cada vez mais atenção devido à busca pela melhoria no desempenho e agilidade nos processos.

Eventuais fatores que influenciam o *lead time* que não foram contemplados na estrutura hierárquica ou não se mostraram relevantes no modelo quantitativo, alguns dos quais foram salientados pelos especialistas e gestores que legitimaram esta pesquisa, abrem perspectivas para estudos futuros. Com base nestas observações, seguem algumas recomendações:

- Contemplar fatores relacionados ao processo produtivo, como tipo de operação, complexidade do produto desenvolvido, qualidade e especificações técnicas do produto como influenciadores do *lead time*.
- Verificar a influência no *lead time* da engenharia de projetos específicos.
- Ampliar a pesquisa e análise para outros setores da economia, bem como buscar ampliar o tamanho da amostra, usando outros métodos de coleta de dados.
- Estratificar e homogeneizar a amostra selecionada, visto que o setor metal-mecânico, foco deste estudo, possui uma variedade de empresas e segmentos diferentes.
- Extrapolar a região a ser pesquisada, a fim de verificar se os resultados encontrados são condizentes com a realidade das demais regiões do país ou até mesmo do mundo.
- Efetuar a análise combinada dos modelos de regressão com a análise estrutural.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. M. **Introdução à metodologia do trabalho científico**. São Paulo: Atlas, 1994.

ANSOFF, H. I.; DECLERCK, R.; HAYES, R. L. **Do planejamento estratégico à administração estratégica**. São Paulo: Atlas, 1990.

ASKIN, R. G.; STANDRIDGE, C. R. **Modeling and analysis of manufacturing systems**. United States of America: John Wiley & Sons, 1993.

AZEVEDO, P. F. Integração vertical e outros arranjos: polemica e esquecimento da defesa da concorrência. In: **XX Encontro da ANPEC**, 1997.

BALLARD, G.; HARPER, N.; ZABELLE, T. Learning to see work flow: an application of lean concepts to precast concrete fabrication. **Engineering Construction and Architectural Management**, v. 10, n.1, p. 6-14, 2003.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. Tradução de Raul Rubenich. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BARBETTA, P. A. **Estatística aplicada às Ciências Sociais**. 5. ed.rev. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2005.

BARTEZZAGHI, E.; SPINA, G.; VERGANTI, R. Lead-time Models of Business Processes. **International Journal of Operations & Production Management**, Bingley, UK, v. 14, n. 5, p. 5-20, 1994.

BERTRAND, J.; WORTMANN, J.; WIJNGAARD, J. **Production control: a structural and design oriented approach**. Amsterdam: Elsevier, 1990.

BATSCHAUER, J. **Arranjo produtivo eletrometal-mecânico da microrregião de Joinville/SC: um estudo da dinâmica institucional**. Florianópolis – SC: UFSC (dissertação de mestrado em economia), 2004.

BOWERSOX, D.; CLOSS, D.; COOPER, M. B. **Supply chain logistics management**. 2. ed. Nova Iorque: McGraw-Hill, 2006.

_____. **Gestão logística de cadeias de suprimentos**. Tradução de Camila Teixeira Nakagawa e Gabriela Teixeira Nakagawa. Porto Alegre: Bookman, 2006.

CAUCHICK MIGUEL, P. A.; FLEURY, A.; MELLO, C. H. P.; NAKANO, D. N.; TURRIONI, J. B.; LEE HO, L.; MORABITO, R.; MARTINS, R. A.; PUREZA, V. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

CARBONE, J. **Sun Micro looks to suppliers to save time**. New York: Purchasing, 1995.

CECCONELLO, I. **Adequação de um sistema de administração da produção à estratégia organizacional**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

CHHAJED, D.; KIM, K. **How important are lead time?** New York: Purchasing, 1995.

CHARNEY, C. **Time to market: reducing product lead time**. Michigan: Society of Manufacturing Engineers, 1991.

CHASE, R. B.; JACOBS, F. R.; AQUILANO, N. J. **Administração da produção e operações para vantagens competitivas**. Tradução de Cláudia Freire, Lucas Marcelo Ferreti Yassumura, Monica Rosali Rosenberg. 11. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

CHRISTOPHER, M. **Logistics and supply chain management**. Londres: Prentice Hall, 1998.

_____. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: criando redes que agregam valor**. Tradução de Mauro de Campos Silva. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operação**. Tradução de Claudia Freire. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003.

CONTADOR, J. C. **Gestão de operações: a engenharia de produção a serviço da modernização da empresa**. São Paulo: Edgard Blucher, 2004.

CORREA, H. L.; GIANESI, I. G. N. . **Just in time, MRP II e OPT: um enfoque estratégico**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1996.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON, M. **Planejamento, programação e controle da produção: MRP II/ERP**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

CRUZ, H.N.; VERMULM, R. **Ajuste estrutural e estratégias empresariais**. Rio de Janeiro: IPEA, 1993.

DEMO, P. **Pesquisa e informação qualitativa: aportes metodológicos**. Campinas: Papirus, 2001.

DEVORE, J. **Probabilidade e estatística: para engenharia e ciências**. Tradução de Joaquim Pinheiro Nunes da Silva. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

FIESC. **Santa Catarina em dados**. Florianópolis: FIESC, 1990-1999.

FIEP. **Complexo metal mecânico paranaense**. Curitiba: FIEP, 2010.

FONSECA, J.; MARTINS, G. **Curso de estatística**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

FLORIANO, J. **Relação interfirmas no setor metal-mecânico de Santa Catarina : um estudo de caso da relação produtor-fornecedor da Empresa Brasileira de Compressores S.A. - EMBRACO**. 2001. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

FRY, T. D. Controlling input: the real key to shorter lead times. **The International Journal of Logistics Management**, USA, v. 1, n. 1, p.7-12, 1990.

FRY, T. D.; KARWAN, K. R.; STEELE, D. C. Implementing drum-buffer-rope to control manufacturing lead time. **The International Journal of Logistics Management**, USA, v. 2, n. 1, p.12-18, 1991.

GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da produção e operações**. 8. ed. São Paulo: Thomson Learning, 2002.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

HAIR Jr., J. et al. **Fundamentos de métodos de pesquisa em administração**. Tradução de Lene Belon Ribeiro. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HANDFIELD, R. B.; NICHOLS Jr, E. L. **Introduction to supply chain management**. New Jersey: Prentice Hall, 1999.

_____. **Supply chain redesign**: converting your supply chain into integrated value system. Financial Times: Prentice Hall, 2002.

HARRISON, A.; HOEK, R. V. **Estratégia e gerenciamento de logística**. Tradução de Bazán Tecnologia e Linguística. São Paulo: Futura, 2003.

HOSMER, D.; LEMESHOW, S. New York: John Wiley & Sons, 1989. **Applied logistic regression**.

HUNOFF, R. **Setor metal-mecânico cresceu 19% no RS**. 2011. Disponível em: <<http://www.autodata.com.br/news.php?recid=14523>>. Acesso em: 22 fev. 2012.

IBGE. **Informe estatístico da indústria**. 2011. Disponível em: <<http://www.desenvolvimento.gov.br>>. Acesso em: 20 dez 2011.

KERLINGER, F. N. **Metodologia da pesquisa em ciência sociais**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1979.

KILGORE, S. S; ORLOV, L. M.; CHILD, M. Balancing supply and demand. **The TechStrategy Report**, [S.l.], mar. 2002.

KLEINROCK, L. **Queueing Systems**. New York: John Wiley & Sons, 1975.

KOCH, T.; HARRINGTON, A. Recconceptualising rigour: the case for reflexivity. **Journal of Advanced Nursing** [S.I.], v. 28, n. 4, p. 882-890, 1998.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisas bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LAMBERT, D. M.; STOCK, J. R.; ELLRAM, Lisa M. **Fundamentals of logistics management**. Nova Iorque: McGraw-Hill, 1998.

LAPLANE, M.; SARTI, F. Investimento direto estrangeiro e o impacto na balança comercial nos anos 90. **Textos para Discussão**, n. 629. Rio de Janeiro: IPEA, p.7-45, fev. 1999.

LEE, H. L. The Triple-A Supply Chain. **Harward Business Review**, USA, v. 2, n. 1, p.18-26, 2004.

LEENDERS, M. R. et al. **Purchasing and supply management: with 50 supply chain cases**. 13. ed. Nova Iorque: McGraw-Hill, 2006.

LEI, Y.; RONG-QIU, C.; LI, L. Study on inventory models based on the relationship between lead time and customer waiting time. **IEEE**, 2007.

LI, Y.; A standard lead time calculator based on optimization technique. **Proceedings of the Eighth International Conference on Machine Learning and Cybernetics**, Baoding, 12-15 july, 2009.

LIULCI; LUOHUA; TANG XIAO-WO. Service delivery lead time model based on customer demand characteristics. **IEEE**, 2006

LOCKE, D. **Global supply management: a guide to international purchasing**. Chicago: Irwin, 1996.

LOPES FILHO, L. S. **Como tornar sua empresa competitiva e globalizada**. São Paulo: Makron Books, 2000.

MACCARTHY, B.; FERNANDES, F. A multi-dimensional classification of production systems for the design and selection of production planning and control systems. **Production Planning & Control**, London, v. 11, n. 5, p.481-496, 2000.

_____. **Administração da produção**. São Paulo: Saraiva, 1999.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. 2. ed. rev., aum. e atual. São Paulo: Saraiva, 2005.

MENDENHALL, W; SINCICH, T. **A second course in statistics regression analysis**. 6. ed. New Jersey: Pearson Education, 2003.

MILLÉO, H. **Setor metal-mecânico cresce 79% em dez anos**. GAZETA DO POVO. 2011. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br/economia/conteudo.phtml?id=1183591>>. Acesso em: 22 fev. 2012.

MINUZZI, J. **Desenvolvimento de metodologia para identificar competências da governança endógena de arranjos produtivos locais**. 2011. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

MOURA, C. E. de. **Gestão de estoques: ação e monitoramento na cadeia de logística integrada**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda., 2004.

NEVES, J. L. Pesquisa qualitativa: características, usos e possibilidades. **Caderno de pesquisa de administração**. São Paulo, n. 3, 2º Sem, 1996, p. 103 – 113.

NISHIDA, L. T. **Reduzindo o lead time no desenvolvimento de produtos através da padronização**. 2006. Disponível em <<http://www.lean.org.br>>. Acesso em: 11 jul. 2011.

ONWUEGBUZIE, A. J.; JOHNSON, R. B. The validity issues in mixed research. **Research in The Schools** [S.I.], v.13, n. 1, p. 48-63, Spring 2006.

PAN, J.; YANG, J. A study of an integrated inventory with controllable lead time. **International Journal of Production Research, London**, v. 40, n. 5, p.1263-1273, 2002.

PACHECO JÚNIOR, W.; PEREIRA V.L.D. V; PEREIRA, H.V. **Pesquisa Científica sem Tropeços-abordagem sistêmica**. São Paulo: Atlas, 2007.

PIRES, S. R. I. **Gestão da cadeia de suprimentos: conceitos, estratégias, práticas e casos – Supply chain management**. São Paulo: Atlas, 2004.

PORTER, M. E. “What is strategy?”. **Harvard Business Review**, nov-dez, 1997.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 1999.

SANTOS, A. R. **Metodologia científica: a construção do conhecimento**. 5. ed. Rio de Janeiro: DP&A, 2002.

SEBRAE. **Santa Catarina em números: metal mecânico**. Florianópolis: SEBRAE, 2010.

SELLITTO, M. **Medição e controle de desempenho estratégico em sistemas de manufatura**. Porto Alegre, 2005. 195 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS.

SELLITTO, M. A.; WALTER, C. Medição e controle do tempo de atravessamento em um sistema de manufatura. **Revista Gestão e Produção**, v. 15, n. 1, p. 26-36, Jan/Abr. 2008.

SHEN, C.; ZHANG, X. Pricing and lead time joint decisions in two-echelon supply chain with retailers competition, **International Conference on Management Science & Engineering** (16th), September 14-16, 2009, Moscow – Russia.

SHINGO, S. **Sistemas de produção com estoque zero: o Sistema Shingo para melhorias contínuas**. Tradução de Lia Weber Mendes. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Florianópolis: UFSC/PPGEP/LED, p. 118, 2000.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

STALK, G.; HOUT, T. **Competing against time**: how time-based competition is reshaping global markets. New York: Free Pres, 1990.

STALLIVIERI, F. **Dinâmica econômica e a inserção de micro e pequenas empresas em arranjos produtivos locais**: o caso da eletrometal-mecânica na microrregião de Joinville/SC. 2004. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

STEVAN, M. S. **A Influência da preparação de máquinas e disponibilidade dos meios de usinagem sobre a produção**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

STEVENSON, W. J. **Administração das operações de produção**. 6.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

TUBINO, D. F. **Sistemas de produção: a produtividade no chão de fábrica**. Porto Alegre: Bookman, 1999.

_____. **Manual de planejamento e controle da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais**: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

VOLTOLINI, E. **Convergência entre cadeia de suprimentos ágil e gestão colaborativa da demanda**. Florianópolis, 2010. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

ZAGO, C. A. **Conformidade da logística empresarial com as características de *supply chain management***: um estudo de duas indústrias de máquinas agrícolas automotrizes. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS, 2007.

WACKER, J. A theoretical model of manufacturing lead times and their relationship to a manufacturing goal hierarchy. **Decision Sciences**, New York, v.27, n.3, p- 483-518, 1996.

WANG, X.; LIU, Z.; ZHENG, C.; QUAN, C. The impact of lead-time on bullwhip effect in supply chain. **IEEE**, 2008.

WANG, X.; WANG, K.; ZHONGBIN, Q. Sensitivity analysis of lead time in MRP system: a case study. **Crown**, 2009.

WIENDAHL, H. **Load-oriented manufacturing control**. Berlin: Springer-Verlag, 1995.

APÊNDICE

APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

QUESTIONÁRIO

Prezado(a) Senhor(a),

Conto com sua colaboração no sentido de responder as questões a seguir, de forma a contribuir com a pesquisa de Doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). As informações colhidas por este instrumento de pesquisa não serão divulgadas de modo a identificar as empresas participantes. Caso não possua as informações solicitadas, por gentileza entre em contato com algum colega de trabalho que possa fornecê-las. Se isto não for possível responda, ainda assim, com base nos seus conhecimentos, de modo a melhor caracterizar a realidade da empresa.

Desde já, agradeço sua colaboração.

Camila Avozani Zago

Informe seu e-mail de contato

1. Qual o porte da empresa?

☐ Microempresa ☐ Pequena Empresa ☐ Empresa de Grande Porte

2. Qual a principal linha de produtos fabricada pela empresa?

3. Deseja receber informações contendo o resultado da pesquisa?

☐ Sim ☐ Não

COMERCIAL

As questões desta seção dizem respeito à política comercial da empresa e ao sistema de produção utilizado pela mesma.

4. Qual o tipo de sistema de produção utilizado pela empresa?

☐ Puxado ☐ Empurrado ☐ Puxado e Empurrado

5. Existe autonomia do setor comercial em relação à definição de prazos para atendimento dos pedidos?

☐ Sim

☐ Não

PLANEJAMENTO E CONTROLE

As questões desta seção dizem respeito à forma como a empresa conduz o planejamento e o controle de suas atividades.

6. Quanto aos sistemas de gerenciamento utilizados pelo setor de planejamento da produção, assinale como são realizadas as seguintes tarefas: (Para cada tarefa escolha uma opção)

	Inexistente	Manual	Planilha eletrônica	Sistemas corporativos
Previsão da demanda				
Planejamento de materiais				
Plano mestre de produção				
Sequenciamento da produção				

7. Qual a periodicidade com que é realizado o planejamento? (De quanto em quanto tempo a empresa efetua o seu planejamento da produção)

☐ Diário

☐ Semanal

☐ Quinzenal

☐ Mensal

☐ Anual

8. Qual a periodicidade com que é realizado o controle de produção? (De quanto em quanto tempo a empresa efetua o controle da sua produção)

☐ Diário

☐ Semanal

☐ Quinzenal

☐ Mensal

☐ Anual

9. A fábrica é organizada na forma de:

☐ Linhas de montagem

☐ Células de produção

☐ Mista (linhas e células)

10. Existem planos pré-estabelecidos para tratamento das exceções que evitem a parada da fábrica? (A empresa possui um planejamento prévio para possíveis eventualidades que podem ocorrer)

☐ Sim

☐ Não

MATERIAIS

As questões desta seção dizem respeito aos materiais utilizados pela empresa.

11. Qual o tempo médio de entrega dos materiais considerados críticos? (Informe o tempo contado a partir da realização do pedido, sendo que materiais críticos são aqueles que quando faltam paralisam as atividades de produção) _____

12. A empresa usa métodos bem definidos para dimensionamento dos estoques de segurança?

☐ Sim ☐ Não

13. A empresa mantém múltiplos fornecedores para os produtos que são críticos?

☐ Sim ☐ Não

14. A empresa mantém planos emergenciais para suprimento de materiais?

☐ Sim ☐ Não

FABRICAÇÃO E MONTAGEM

As questões desta seção dizem respeito à forma como a empresa conduz o processo de fabricação e montagem dos seus produtos.

15. Qual o percentual de retrabalho observado na fábrica?

16. Qual o percentual de refugo observado na fábrica?

17. Qual o percentual representa, em média, o *setup* em relação ao tempo disponível para fabricação? _____

18. Qual o percentual de ocupação das máquinas consideradas gargalo no sistema de produção? _____

ENTREGA

As questões desta seção dizem respeito à entrega dos produtos finais da empresa.

19. Qual a distância média que se encontram os principais clientes?
(Distância média da empresa dos seus clientes potenciais – metros, Km)

20. As entregas, em geral, passam por operações aduaneiras?

☐ Sim

☐ Não

21. A empresa mantém estoques em centros de distribuição próximos aos clientes?

☐ Sim, e são próprios

☐ Sim, e são terceirizados

☐ Não

22. Considerando os processos abaixo listados, estime o tempo gasto (minutos, horas, dias, meses) com cada um, levando em consideração: (a) que na condição OTIMISTA não faltem materiais, não ocorram filas, não existam retrabalhos e refugos, nem quebra de equipamentos ou falta de pessoal (melhor resultado já ocorrido); (b) que na condição MAIS PROVÁVEL tudo ocorra com razoável grau de previsibilidade; (c) que na situação de PESSIMISTA ocorram fatos extraordinários que prejudiquem o bom andamento dos trabalhos (pior situação já ocorrida).

	OTIMISTA	MAIS PROVÁVEL	PESSIMISTA
Do pedido ao início da fabricação (tempo gasto no processo – dias)			
Na fabricação e montagem (tempo gasto no processo – dias)			
Na expedição e entrega (tempo gasto no processo – dias)			

APÊNDICE B – DADOS DA PESQUISA

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20	X21	X22	X23	X24	X25	X26	X27	X28	X29	X30	X31	LT	
AUTOP	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	15,000	7,000	1	1	1	60,000	1	0	15,000	2,000	8,000	90,000	1	0	1			
	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	7,000	1,000	1	1	2,000	1	1	3,000	0,030	1,000	100,000	25,000	0	0	1	4		
	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	7,000	0,000	1	0	10,000	0	1	0,012	0,030	15,000	80,000	600,000	0	0	0	20,833		
	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	7,000	1,000	1	1	30,000	1	1	0,150	0,800	2,000	90,000	600,000	0	0	1	15,167		
	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	30,000	1,000	1	1	1,000	1	1	0,600	0,400	0,700	100,000	2,000	0	1	1	3		
	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	7,000	1,000	1	1	3,000	1	0	0,500	0,250	6,000	60,000	1200,000	0	0	0	22,5		
	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	7,000	1,000	0	1	60,000	0	1	0,300	1,000	10,000	70,000	1500,000	0	1	1	31,833		
	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	7,000	1,000	1	0	1,000	1	1	5,000	2,000	15,000	70,000	500,000	0	0	1	13,333		
	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	7,000	1,000	1	1	10,000	0	0	20,000	15,000	15,000	95,000	1500,000	1	0	1	39,167	
	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1,000	1,000	0	1	1,000	0	0	0,000	0,000	10,000	80,000	1000,000	0	0	0	4,783	
MAQ	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	30,000	15,000	1	0	0	30,000	1	1	2,000	4,000	4,500	80,000	0,800	1	1	1		
	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	7,000	1,000	1	0	7,000	1	1	4,000	5,000	10,000	90,000	4000,000	0	0	1	17,500		
	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1,000	7,000	0	1	5,000	0	1	3,000	3,000	2,000	80,000	300,000	0	0	0	32,830		
	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1,000	1,000	0	1	30,000	0	0	0,050	1,000	15,000	70,000	2000,000	0	0	0	34,170		
	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	7,000	1,000	1	0	7,000	1	1	3,000	1,000	5,000	90,000	300,000	0	0	0	24,830		
	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	15,000	0,000	1	1	45,000	0	1	5,000	0,000	10,000	100,000	150,000	0	0	1	56,670		
	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	7,000	30,000	1	0	7,000	0	0	12,500	4,000	50,000	85,000	500,000	0	0	0	17,500		
	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1,000	0,000	1	1	5,000	1	1	1,000	12,000	10,000	100,000	600,000	1	0	1			
	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	7,000	1,000	1	0	10,000	0	1	15,000	10,000	30,000	85,000	1000,000	0	0	0	27,000		
	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1,000	0,000	1	0	4,000	1	1	1,000	1,000		70,000	70,000	0	0	1	7,670		
	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1,000	1,000	1	0	30,000	0	0	30,000	10,000				1	0	0	57,000		
	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	7,000	7,000	1	0	60,000	1	0	5,000	3,000	20,000	90,000	150,000	0	0	1	65,170		
	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	7,000	7,000	1	1	15,000	0	1				100,000	600,000	1	0	0	21,670		
	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	15,000	30,000	1	0	30,000	1	0	0,200	0,200	30,000	100,000	5,000	1	0	1	33,330		
	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	7,000	0,000	1	1	1,000	1	1	1,000	0,300	20,000	100,000	1500,000	0	0	0	2,670		
	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1,000	0,000	1	1	180,000	0	0	0,100	0,100	20,000	100,000	1500,000	0	0	0	123,330		
	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1,000	1,000	1	0	1,000	1	1	3,000	1,000	5,000	90,000	70,000	1	1	1	9,830		
	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1,000	0,000	1	1	120,000	1	1	0,089	0,980	25,000	100,000	5000,000	1	0	1	26,080		
	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	7,000	7,000	1	1	30,000	0	0	0,150	0,050	0,200	3000,000	3000,000	1	1	0	76,670	
	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1,000	0,000	0	1	15,000	1	1			15,000	100,000	900,000	0	0	1	145,330	
1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1,000	0,000	1	1	15,000	0	1	0,700	1,000	5,000	100,000		1	0	0	39,330			
1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	30,000	0,000	1	0	60,000	0	0	5,000	1,000	2,000	70,000	1500,000	0	0	0	103,670		
1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	7,000	0,000	1	0	20,000	1	1	5,000	3,000	3,000	100,000		0	0	0				
FERRAM	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	15,000	1,000	1	1	7,000	0	1	9,000	3,000	3,000	100,000		0	0	1			
FERRAM	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	7,000	1	1	1	21,000	0	1	5,000	1,000	25,000	75,000	800,000	0	0	1	6,080		
	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1,000	1	1	1	8,000	0	0	5,000	4,000	5,500	96,000	500,000	0	0	1	14,170		
	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	7,000	7	1	1	1,000	0	1	4,000	4,000	10,000	90,000	200,000	0	0	0			
	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	7,000	1	0	1	15,000	1	1	5,000	0,100		50,000	1300,000	0	0	1			
	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	30,000	1	1	1	90,000	1	1	1,560	0,840	14,000	1500,000	0	0	1	62,500			
	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	30,000	1	1	1	30,000	0	1	0,300	0,100	10,000	80,000	5000,000	0	0	0	50,000		
	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	7,000	7	1	0	7,000	0	1	20,000	5,000	15,000	70,000	200,000	0	0	1	29,500		
	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	7,000	1	1	1	7,000	1	1	1,000	0,100		85,000		0	1	1	5,830		
	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	7,000	1	1	0	7,000	0	1	1,500	20,000		90,000	200,000	0	0	1			
	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1,000	1,000	1	1	2,000	0	1	10,000	7,500	5,000	80,000	300,000	0	0	0	3,000		
	1	1	1	0	1	0	0																										

APÊNDICE D – LAUDO DE LEGITIMAÇÃO

De: Camila Avozani Zago, Pesquisadora – UFSC / Depto Eng. de Produção

Orientação: Sérgio Fernando Mayerle, Docente - UFSC / Depto Eng. de Produção

Para:

Data:

LAUDO PARA LEGITIMAÇÃO DA TESE DE CAMILA AVOZANI ZAGO

Prezado (a) Sr.,

Primeiramente, quero agradecer sua participação na presente pesquisa. A proposta é contribuir com um diagnóstico do que está sendo proposto na tese da pesquisadora Camila Avozani Zago. O objetivo deste trabalho é **identificar e quantificar os fatores que influenciam no *lead time* de sistemas de produção do setor metal-mecânico.**

Este instrumento se caracteriza como um laudo para verificar a legitimidade dos resultados encontrados. Ele consiste em um questionário que busca levantar os seguintes aspectos: conteúdo, prática, elaboração, veracidade e compreensibilidade. Segue, juntamente com o questionário, o montante do construto elaborado para compor a estrutura proposta na tese.

Coloco-me à disposição para qualquer esclarecimento sobre o trabalho e outros assuntos que sejam de seu interesse.

Atenciosamente.

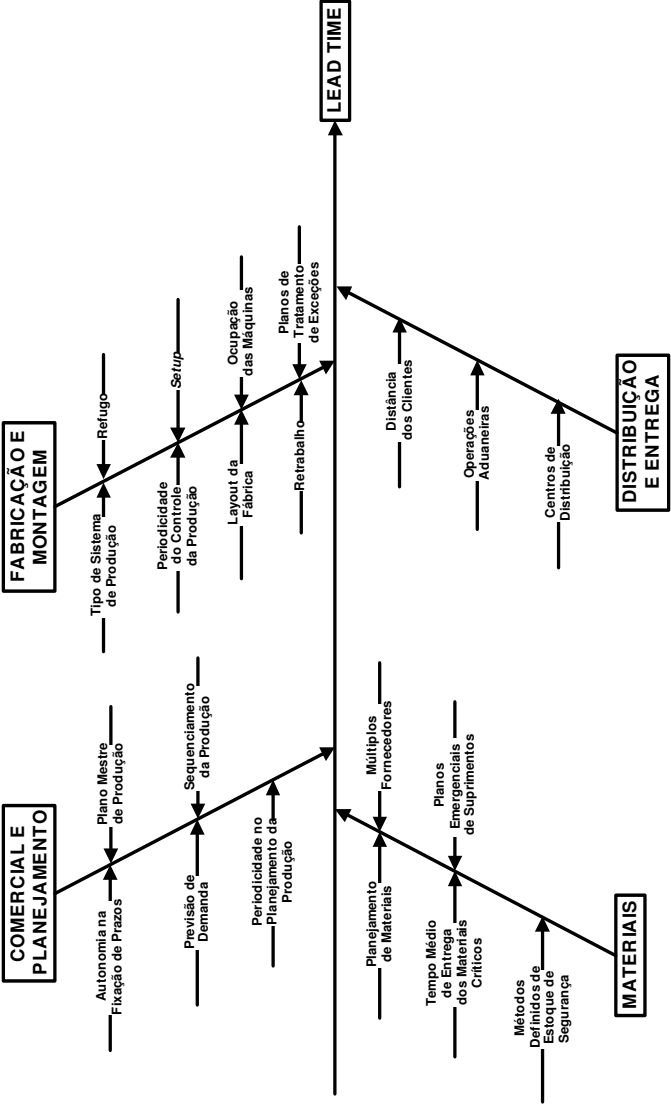
Camila Avozani Zago
Pesquisadora UFSC.

DIRETRIZES PARA A LEGITIMAÇÃO

Os possíveis fatores que influenciam o *lead time* dos sistemas produtivos do setor metal-mecânico do sul do Brasil (Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná) foram elencados com base na vivência empresarial e no referencial teórico utilizado para esta tese e estão

estruturados formalmente na Figura 1, exposta a seguir. Essa estrutura estabelece os fatores que podem interferir no *lead time* logístico dos sistemas de produção sob a perspectiva adaptada de Christopher (2008), que estabelece os componentes do *lead time*, partindo de cinco subgrupos: *lead times* comercial e de planejamento; *lead time* dos materiais; *lead times* para montagem; *lead times* para a distribuição e entrega.

Figura 1 - Estrutura dos fatores que influenciam no *lead time*



Após a definição da estrutura dos fatores que influenciam no *lead time* foi elaborado um questionário destinado a indústrias do setor metal-mecânico localizadas na região sul do Brasil (Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná) filiadas às Federações das Indústrias dos respectivos Estados. A aplicação do questionário, que segue em anexo, foi efetuada por meio eletrônico, sendo esse enviado a todas as indústrias do setor metal-mecânico com mais de cinquenta colaboradores. Pode-se verificar um retorno de 49 questionários.

Com o resultado da pesquisa de campo, os dados categóricos coletados foram tabulados, reordenados e transformados em variáveis numéricas. Após a transformação das variáveis foi construído o modelo de regressão para verificar a importância de cada fator na composição do *lead time* logístico desse conjunto de indústrias.

A partir da utilização de métodos estatísticos chegou-se a algumas conclusões. Dentre todos os fatores apresentados na Figura 1, apenas 5 se mostraram significativos. As conclusões obtidas com a aplicação da metodologia proposta e os testes estatísticos realizados passam a ser relatadas abaixo:

1. o *lead time* das empresas pesquisadas é, em média, de 40 dias, quando não considerados os efeitos dos fatores logísticos pesquisados;
2. o método estatístico empregado sugere que as empresas que realizam o planejamento da demanda com sistemas corporativos (ERP - *Enterprise Resource Planning* – Planejamento das Necessidades de Recursos), também tendem a utilizar estes mesmos sistemas corporativos para planejar as necessidades de materiais, para realizar o plano mestre de produção e para sequenciar a produção. Tais empresas, por meio destas ferramentas de planejamento, tendem a apresentar uma redução média de 24 dias no *lead time*;
3. empresas que realizam o planejamento da demanda de forma manual (ou empírica) também tendem a utilizar métodos manuais (empíricos) para planejar as necessidades de materiais, realizar o plano mestre de produção e realizar o sequenciamento da produção. Tais empresas apresentaram uma tendência de redução no *lead time* da ordem de 14 dias, em média;
4. o uso de planilhas eletrônicas, nas tarefas de planejamento, não se mostrou significativo na redução do *lead time*, muito

provavelmente pela dificuldade de se atualizar os dados e adaptar tais planilhas às particularidades da operação;

5. verificou-se, também, que a existência de planos estruturados para tratamento de exceções (quebra de máquinas, falta de materiais, etc.) tende a possibilitar uma redução média de 15 dias no *lead time*. Aparentemente, isso sugere que essas empresas conseguem solucionar esses problemas de modo mais imediato que aquelas onde os problemas ainda precisam ser estudados para encontrar alternativas que resolvam de modo satisfatório a questão.

6. os resultados mostraram que os sistemas produtivos que possuem um prazo de entrega de materiais críticos ampliado tendem a apresentar um *lead time* maior. Pode-se inferir que o prazo de entrega de materiais críticos influencia diretamente o *lead time*. Entretanto, percebe-se que, em média, apenas 45,8% do tempo de entrega dos materiais críticos é repassado para o *lead time*. De fato parte dos materiais críticos é mantida sob controle em estoque, de modo que não necessariamente se tenha que aguardar a entrega dos mesmos para executar a produção, o que justifica o valor deste coeficiente ser menor que 1.

7. conforme os resultados do tratamento estatístico dos dados, percebe-se que o aumento de 1% no retrabalho pode aumentar o *lead time* dos sistemas produtivos em média 0,865 dias. Um fato interessante que pode ser observado é que estes 0,865 dias representam aproximadamente 2,14% do tempo médio de *lead time* (40,358 dias). Isto parece coerente devido ao fato de que ao efetuar o retrabalho é comum ter que desfazer parte do trabalho realizado e voltar a realizá-lo novamente, geralmente em condições não ideais. Isso implica na imobilização de recursos financeiros e de tempo na produção de produtos defeituosos que serão retrabalhados a fim de que possam ser comercializados.

Com base na estrutura dos fatores que influenciam no *lead time* e nos resultados encontrados nos testes estatísticos apresentados acima, responda ao questionário configurando o laudo de legitimação desta tese.

O processo de legitimação de uma pesquisa significa estabelecer o aceite ou não da estrutura ou modelo propostos, sob aspectos práticos e teóricos, com base na análise do trabalho que se desenvolveu.

Questionário

Considerando-se o objetivo geral da tese: **Identificar e quantificar os fatores que influenciam no *lead time* de sistemas de produção do setor metal-mecânico**, analise a estrutura dos fatores que influenciam no *lead time* e os resultados apresentados, a fim de verificar se os mesmos atendem ao objetivo exposto.

1 É possível verificar a convergência da estrutura dos fatores que influenciam o *lead time* com o objetivo geral da tese?

() Sim () Não () Em parte

Justifique sua resposta.

2 Considerando o objetivo geral da tese você julga as conclusões encontradas uma informação relevante?

() Sim () Não () Em parte

Justifique sua resposta.

3 Considerando as conclusões apresentadas, é possível verificá-las na prática, ou seja, há conexão com a realidade empresarial?

() Sim () Não () Em parte

Justifique sua resposta.

4 Caso você identifique algum fator que julgue significativo na determinação do *lead time* de sistemas produtivos metal-mecânico e que não foi contemplado nas conclusões apresentadas, favor identificar.

5 Espaço livre para considerações gerais.

Agradeço sua atenção e colaboração e estou à disposição para maiores esclarecimentos!

APÊNDICE E – LAUDOS DE LEGITIMAÇÃO DOS RESULTADOS POR PARTE DOS ESPECIALISTAS

Especialista 1 (E1) – Ronaldo Cristo

O processo de legitimação de uma pesquisa significa estabelecer o aceite ou não da estrutura ou modelo propostos, sob aspectos práticos e teóricos, com base na análise do trabalho que se desenvolveu.

Questionário

Considerando-se o objetivo geral da tese: **Identificar e quantificar os fatores que influenciam no *lead time* de sistemas de produção do setor metal-mecânico**, analise a estrutura dos fatores que influenciam no *lead time* e os resultados apresentados, a fim de verificar se os mesmos atendem ao objetivo exposto.

1 É possível verificar a convergência da estrutura dos fatores que influenciam o *lead time* com o objetivo geral da tese?

☒ (X) Sim

☐ () Não

☐ () Em parte

Justifique sua resposta. Quanto ao objetivo de identificar, certamente. O modelo parece ser consistente, pois é difícil encontrar outras causas que não possam ser descritas como particularidades dos pontos apresentados. Com essa linguagem mais abrangente é mais fácil agrupar as diferentes causas do problema, mas pode gerar alguns erros de interpretação nocivos à fase de quantificação de tais causas. Este risco, entretanto, é minimizado neste trabalho, pois o questionário é bem direcionado e instrui o leitor em cada um dos aspectos que devem ser avaliados.

2 Considerando o objetivo geral da tese você julga as conclusões encontradas uma informação relevante?

☒ (X) Sim

☐ () Não

☐ () Em parte

Justifique sua resposta. Certamente. Em um ambiente fabril, por exemplo, o primeiro desafio é identificar a causa dos problemas identificados. Somente por este prisma o trabalho já teria usabilidade garantida. Isto, porém, intensifica-se ao direcionar o leitor para os

aspectos mais relevantes, limitando seu escopo de busca. Pensando de forma um pouco mais abrangente, para um consultor, por exemplo, ter algumas dessas regras de priorização em mente é fundamental para o seu trabalho.

3 Considerando as conclusões apresentadas, é possível verificá-las na prática, ou seja, há conexão com a realidade empresarial?

(X) Sim

() Não

() Em parte

Justifique sua resposta. De maneira quantitativa eu seria imprudente ao tentar qualquer contribuição devido a minha falta de conhecimento específico. Qualitativamente, entretanto, as informações são bem consistentes com os comentários ouvidos de pessoas com amplo conhecimento tácito do ambiente fabril. Somente a alínea 3 causou certa surpresa. Provavelmente por minha vivência no setor automobilístico em que o sequenciamento da produção é praticamente impossível de se realizar sem uma boa ferramenta ERP. Sem analisar todas as inúmeras restrições de viabilidade de componentes para produção, a definição de uma sequência geraria inúmeros efeitos colaterais para o fluxo produtivo. Mas, a complexidade inerente aos produtos deste setor da indústria pode ser considerado como uma particularidade.

4 Caso você identifique algum fator que julgue significativo na determinação do *lead time* de sistemas produtivos metal-mecânico e que não foi contemplado nas conclusões apresentadas, favor identificar.

Conforme indicado na primeira questão, todos os aspectos que pude pensar podem ser colocados como particularidade de algum dos tópicos apresentados.

5 Espaço livre para considerações gerais.

A realização de questionários como fonte de pesquisa apresenta alguns pontos frágeis. Entre eles: como fazer com que o leitor entenda a pergunta. O questionário, entretanto, apresenta linguagem simples com explicações em alguns casos o que certamente minimizou este problema. Ao ler as informações acima comecei a me perguntar quanto o porte da empresa acaba “influenciando” os resultados. Excluindo-se o item 3, vê-se o uso de sistemas ERP, o plano para tratamento de exceções, o curto prazo de entrega de componentes críticos e o retrabalho reduzido são fatores de peso para redução de *lead time*. Tais características são mais facilmente encontradas, ou ao menos tem maior potencial de serem bem estabelecidas em empresas de maior porte. A questão que me intrigou é se estas empresas, principalmente pela vantagem de seu porte, não têm

maior influência sobre a cadeia de suprimentos gerando *lead time* mais favorável? Quanto deste mérito fica a cargo do bom uso das ferramentas e quanto é resultado do próprio poder que a empresa tem sobre a cadeia de suprimentos.

Agradeço sua atenção e colaboração e estou à disposição para maiores esclarecimentos!

Especialista 2 (E2) – Felipe Alberto Simas Donato

O processo de legitimação de uma pesquisa significa estabelecer o aceite ou não da estrutura ou modelo propostos, sob aspectos práticos e teóricos, com base na análise do trabalho que se desenvolveu.

Questionário

Considerando-se o objetivo geral da tese: **Identificar e quantificar os fatores que influenciam no *lead time* de sistemas de produção do setor metal-mecânico**, analise a estrutura dos fatores que influenciam no *lead time* e os resultados apresentados, a fim de verificar se os mesmos atendem ao objetivo exposto.

1. É possível verificar a convergência da estrutura dos fatores que influenciam o *lead time* com o objetivo geral da tese?

(**x**) Sim

() Não

() Em parte

Justifique sua resposta. Acredito que há uma convergência entre o objetivo do trabalho - identificar e quantificar os fatores que influenciam no *lead time* de sistemas de produção do setor metal-mecânico – os fatores levantados. Baseado na minha experiência e intuição, os fatores apontados como críticos têm relação direta com o *lead time* e, portanto, merecem ser objetos de estudos.

2. Considerando o objetivo geral da tese você julga as conclusões encontradas uma informação relevante?

(**x**) Sim

() Não

() Em parte

Justifique sua resposta. O gerenciamento do *lead time* é um tema extremamente relevante para o gerenciamento de operações. O conhecimento das variáveis com maior impacto no *lead time* é valioso em diversas áreas na indústria metal-mecânica, como planejamento de vendas, planejamento de fábrica e de materiais.

Melhorias na gestão de *lead times* podem impactar positivamente a empresa sobre o ponto de vista financeiro, através da redução de estoques e consequente liberação de capital, e sobre o ponto de vista de serviços ao cliente, com a redução dos prazos de entrega.

3. Considerando as conclusões apresentadas, é possível verificá-las na prática, ou seja, há conexão com a realidade empresarial?

(X) Sim

() Não

()

Em parte

Justifique sua resposta. Em minha experiência trabalhando na área de supply chain de uma empresa metal-mecânica pude constatar que os fatores levantados como críticos de fato possuem impacto relevante nos lead times. Em especial o planejamento da demanda e o sequenciamento da produção. Em conjunto, estes dois fatores faziam a conexão entre vendas e produção de forma a diminuir o tempo de “fila” que os produtos devem enfrentar para os produtos serem produzidos e vendidos.

4. Caso você identifique algum fator que julgue significativo na determinação do *lead time* de sistemas produtivos metal-mecânico e que não foi contemplado nas conclusões apresentadas, favor identificar.

Dentro da dimensão “Comercial e Planejamento” foi incluído o item “Previsão da demanda”, que é extramente importante e que se bem executado diminui a variabilidade nos planejamentos de produção e de vendas. Entretanto, seria interessante analisar também a própria dinâmica de vendas, ou seja, com que frequência os clientes fazem os pedidos, qual o tamanho médio dos pedidos, com que frequências ocorrem mudanças em pedidos colocados, entre outras. Talvez esta variável tenha uma forte correlação positiva com a Previsão da demanda, mas seria importante entender qual a significância dela na formação do lead time.

5. Espaço livre para considerações gerais.

A lista de possíveis fatores de influência para o lead time me parece bastante completa e concordo intuitivamente com os fatores apresentados como mais significativos. Entretanto, senti falta de informações sobre como o modelo estatístico foi montado. Seria interessante ter informações sobre a amostra, os coeficientes de cada variável e o nível de significância de cada variável, entre outras informações que poderiam ser relevantes na avaliação da robustez do modelo.

Agradeço sua atenção e colaboração e estou à disposição para maiores esclarecimentos!

Especialista 3 (E3) – Elton Voltolini

O processo de legitimação de uma pesquisa significa estabelecer o aceite ou não da estrutura ou modelo propostos, sob aspectos práticos e teóricos, com base na análise do trabalho que se desenvolveu.

Questionário

Considerando-se o objetivo geral da tese: **Identificar e quantificar os fatores que influenciam no *lead time* de sistemas de produção do setor metal-mecânico**, analise a estrutura dos fatores que influenciam no *lead time* e os resultados apresentados, a fim de verificar se os mesmos atendem ao objetivo exposto.

1. É possível verificar a convergência da estrutura dos fatores que influenciam o *lead time* com o objetivo geral da tese?

(X) Sim () Não () Em parte

Justifique sua resposta. Através de análise estatística foram apontados os 5 fatores representativos e sua importância relativa.

2. Considerando o objetivo geral da tese você julga as conclusões encontradas uma informação relevante?

() Sim () Não (X) Em parte

Justifique sua resposta. Considero que saber quais fatores produzem maior impacto no ciclo do pedido são importantes para direcionar ações de melhoria no ambiente empresarial, porém alguns aspectos importantes não foram explorado, tais como: variação pelo porte da empresa; % do ciclo dentro de etapas internas e de entrega; diferença no ciclo em empresas que atuam segundo make-to-order, make-to-stock; make-by-project etc.

3. Considerando as conclusões apresentadas, é possível verificá-las na prática, ou seja, há conexão com a realidade empresarial?

(X) Sim () Não () Em parte

Justifique sua resposta. Considero que os elementos entendidos como representativos de fato influenciam o lead time de atendimento dos pedidos.

4. Caso você identifique algum fator que julgue significativo na determinação do *lead time* de sistemas produtivos metal-mecânico e que não foi contemplado nas conclusões apresentadas, favor identificar.

Entendo que dois aspectos fundamentalmente parecem com seus efeitos sobre o lead-time não identificados: a) Sistema de Produção, e neste caso ampliaria a visão de alternativas e representaria em relação ao ponto de descolamento do pedido (fazer para estoque, fazer para pedido; comprar sob pedido; comprar sob projeto); b) CDs, se considerarmos toda a teoria logística e tivermos estoques bem balanceados, os CDs agregam valor importante de tempo ao cliente. Basta analisarmos o impacto no prazo de atendimento ao mercado do nordeste tendo um CD em Pernambuco ou em Santa Catarina.

Gerou estranheza mencionar que a maneira mais efetiva de sequenciamento de produção seja a manual. Sugiro avaliar a intensidade da adoção de sistemas de sequenciamento na amostra, pois os mesmos possuem condições de trabalhar com uma massa de dados muito grande e gerar recomendações de sequencia otimizadoras em tempo relativamente curto.

5. Espaço livre para considerações gerais.

O objetivo deste trabalho é relevante ao ambiente empresarial e atua sobre uma dimensão competitiva crescentemente relevante, o tempo. Entender as variáveis mais significativas é passo inicial para estabelecer ações de melhoria de performance.

Agradeço sua atenção e colaboração e estou à disposição para maiores esclarecimentos!

APÊNDICE F – LAUDOS DE LEGITIMAÇÃO DOS RESULTADOS POR PARTE DOS GESTORES

GESTOR 1 – G1

O processo de legitimação de uma pesquisa significa estabelecer o aceite ou não da estrutura ou modelo propostos, sob aspectos práticos e teóricos, com base na análise do trabalho que se desenvolveu.

Questionário

Considerando-se o objetivo geral da tese: **Identificar e quantificar os fatores que influenciam no *lead time* de sistemas de produção do setor metal-mecânico**, analise a estrutura dos fatores que influenciam no *lead time* e os resultados apresentados, a fim de verificar se os mesmos atendem ao objetivo exposto.

1 É possível verificar a convergência da estrutura dos fatores que influenciam o *lead time* com o objetivo geral da tese?

(X) Sim () Não () Em parte

Justifique sua resposta. Como o Lead Time está diretamente ligado a todos os setores da produção, foi coerente englobar na pesquisa, deste o recebimento de materiais, até a finalização do produto, passando pelos processos como planejamento, sequenciamento, inclusive o tratamento com casos específicos de setup de maquina e exceções como a quebra de máquina.

2 Considerando o objetivo geral da tese você julga as conclusões encontradas uma informação relevante?

(X) Sim () Não () Em parte

Justifique sua resposta. O resultado da pesquisa trouxe informações abrangentes os pontos críticos que diretamente influenciam no tema do projeto proposto (Lead Time).

3 Considerando as conclusões apresentadas, é possível verificá-las na prática, ou seja, há conexão com a realidade empresarial?

(X) Sim () Não () Em parte

Justifique sua resposta. Sim, o que foi extraído da pesquisa mostra exatamente os pontos críticos dos processos de produção.

4 Caso você identifique algum fator que julgue significativo na determinação do *lead time* de sistemas produtivos metal-mecânico e que não foi contemplado nas conclusões apresentadas, favor identificar.

Poderia ter sido dado um enfoque específico na área de projeto e desenvolvimento, porque é neste setor que se podem determinar os gargalos futuros da produção, o desenvolvimento mal planejado pode levar a erros que depois são difíceis de corrigir.

5 Espaço livre para considerações gerais.

Agradeço sua atenção e colaboração e estou à disposição para maiores esclarecimentos!

GESTOR 2 – G2

O processo de legitimação de uma pesquisa significa estabelecer o aceite ou não da estrutura ou modelo propostos, sob aspectos práticos e teóricos, com base na análise do trabalho que se desenvolveu.

Questionário

Considerando-se o objetivo geral da tese: **Identificar e quantificar os fatores que influenciam no *lead time* de sistemas de produção do setor metal-mecânico**, analise a estrutura dos fatores que influenciam no *lead time* e os resultados apresentados, a fim de verificar se os mesmos atendem ao objetivo exposto.

1. É possível verificar a convergência da estrutura dos fatores que influenciam o *lead time* com o objetivo geral da tese?

(☒) Sim (☐) Não (☐) Em parte

Justifique sua resposta.

2. Considerando o objetivo geral da tese você julga as conclusões encontradas uma informação relevante?

(☒) Sim (☐) Não (☐) Em parte

Justifique sua resposta.

3. Considerando as conclusões apresentadas, é possível verificá-las na prática, ou seja, há conexão com a realidade empresarial?

(☒) Sim (☐) Não (☐) Em parte

Justifique sua resposta.

4. Caso você identifique algum fator que julgue significativo na determinação do *lead time* de sistemas produtivos metal-mecânico e que não foi contemplado nas conclusões apresentadas, favor identificar.
Como tratar oscilações de mercado

5. Espaço livre para considerações gerais.

Agradeço sua atenção e colaboração e estou à disposição para maiores esclarecimentos!

GESTOR 3 – G3

O processo de legitimação de uma pesquisa significa estabelecer o aceite ou não da estrutura ou modelo propostos, sob aspectos práticos e teóricos, com base na análise do trabalho que se desenvolveu.

Questionário

Considerando-se o objetivo geral da tese: **Identificar e quantificar os fatores que influenciam no *lead time* de sistemas de produção do setor metal-mecânico**, analise a estrutura dos fatores que influenciam no *lead time* e os resultados apresentados, a fim de verificar se os mesmos atendem ao objetivo exposto.

1 É possível verificar a convergência da estrutura dos fatores que influenciam o *lead time* com o objetivo geral da tese?

(x) Sim () Não () Em parte

Justifique sua resposta. Cada fator citado, na prática acaba influenciando nos prazos. Por exemplo, se as empresas fizerem um planejamento, até mesmo contendo soluções para qualquer contratempo de uma forma organizada com certeza reduzirá o prazo de entrega, assim sendo um diferencial pois o cliente da muita preferência as empresas que cumprem seus prazos.

2 Considerando o objetivo geral da tese você julga as conclusões encontradas uma informação relevante?

(x) Sim () Não () Em parte

Justifique sua resposta. Cada item citado é de extrema importância e como comentei na questão acima na prática tudo influencia.

3 Considerando as conclusões apresentadas, é possível verificá-las na prática, ou seja, há conexão com a realidade empresarial?

(x) Sim () Não () Em parte

Justifique sua resposta. Com certeza, se não houver planejamento, organização e previsão(de contratempos) vai interferir no prazo final de entrega. Pois devemos estar atentos para qualquer imprevisto como o estrago de uma máquina, ferramenta e etc... Então se há planejamento as

chances de cumprir o prazo na data prometida serão bem maiores do que as indústrias que não se preparam para estes tipos de inconvenientes.

4 Caso você identifique algum fator que julgue significativo na determinação do *lead time* de sistemas produtivos metal-mecânico e que não foi contemplado nas conclusões apresentadas, favor identificar.

5 Espaço livre para considerações gerais.

Agradeço sua atenção e colaboração e estou à disposição para maiores esclarecimentos!

GESTOR 4 – G4

O processo de legitimação de uma pesquisa significa estabelecer o aceite ou não da estrutura ou modelo propostos, sob aspectos práticos e teóricos, com base na análise do trabalho que se desenvolveu.

Questionário

Considerando-se o objetivo geral da tese: **Identificar e quantificar os fatores que influenciam no *lead time* de sistemas de produção do setor metal-mecânico**, analise a estrutura dos fatores que influenciam no *lead time* e os resultados apresentados, a fim de verificar se os mesmos atendem ao objetivo exposto.

1. É possível verificar a convergência da estrutura dos fatores que influenciam o *lead time* com o objetivo geral da tese?

(x) Sim

() Não

() Em parte

Justifique sua resposta.

2. Considerando o objetivo geral da tese você julga as conclusões encontradas uma informação relevante?

(x) Sim

() Não

() Em parte

Justifique sua resposta.

3. Considerando as conclusões apresentadas, é possível verificá-las na prática, ou seja, há conexão com a realidade empresarial?

(x) Sim

() Não

() Em parte

Justifique sua resposta. Existe conexão com a realidade, porém na realidade de minha empresa os dois aspectos principais que incrementam o *lead time* são tempo de setup e consequentemente tamanho de lote de produção; Ou seja, se você reduzir tempo de setup terá condições de reduzir seus lotes de produção e por consequência reduzir o *lead time*; Mas claro, que para isso é necessário manter estoque de segurança dos componentes críticos, principalmente os importados;

4. Caso você identifique algum fator que julgue significativo na determinação do *lead time* de sistemas produtivos metal-mecânico e que não foi contemplado nas conclusões apresentadas, favor identificar.

Dentro de Comercial e Planejamento seria importante mencionar a negociação de preços, pois hoje, mesmo com contrato, devido as crescentes repasses de aumento, de aço, mão de obra e etc, muitas vezes uma carga de material fica trancada aguardando um desfecho do comercial o que por consequência interfere no lead time;

5. Espaço livre para considerações gerais.

No geral, a tese está muito boa e fico grato de ter contribuído; Parabéns;

Agradeço sua atenção e colaboração e estou à disposição para maiores esclarecimentos!

GESTOR 5 – G5

O processo de legitimação de uma pesquisa significa estabelecer o aceite ou não da estrutura ou modelo propostos, sob aspectos práticos e teóricos, com base na análise do trabalho que se desenvolveu.

Questionário

Considerando-se o objetivo geral da tese: **Identificar e quantificar os fatores que influenciam no *lead time* de sistemas de produção do setor metal-mecânico**, analise a estrutura dos fatores que influenciam no *lead time* e os resultados apresentados, a fim de verificar se os mesmos atendem ao objetivo exposto.

1. É possível verificar a convergência da estrutura dos fatores que influenciam o *lead time* com o objetivo geral da tese?

() Sim

(**X**) Não

() Em parte

Justifique sua resposta. Não consigo visualizar um modelo convergência dos fatores que seja representativo

2. Considerando o objetivo geral da tese você julga as conclusões encontradas uma informação relevante?

(**X**) Sim

() Não

() Em parte

Justifique sua resposta. Sim, acredito que o estudo apresenta informações significativas em reação ao *lead time* e pode ser utilizado em tomada de decisões estruturadas.

3. Considerando as conclusões apresentadas, é possível verificá-las na prática, ou seja, há conexão com a realidade empresarial?

() Sim

() Não

(**X**) Em parte

Justifique sua resposta. A utilização do ERP não necessariamente contribui para uma melhor planejamento da demanda se o software for mal integrado com a estrutura operacional da empresa. Aplicações corretas de técnicas de planejamento da demanda devem ser considerados.

4. Caso você identifique algum fator que julgue significativo na determinação do *lead time* de sistemas produtivos metal-mecânico e que não foi contemplado nas conclusões apresentadas, favor identificar.

R: Considero que o lado cultural pode ter influência na produção e consequentemente no lead time. O trabalhador Brasileiro tem características sociais diferentes, por exemplo, do trabalhador Japonês, no qual a produtividade da indústria é superior, de uma forma geral.

5. Espaço livre para considerações gerais.

Agradeço sua atenção e colaboração e estou à disposição para maiores esclarecimentos!

GESTOR 6 – G6

O processo de legitimação de uma pesquisa significa estabelecer o aceite ou não da estrutura ou modelo propostos, sob aspectos práticos e teóricos, com base na análise do trabalho que se desenvolveu.

Questionário

Considerando-se o objetivo geral da tese: **Identificar e quantificar os fatores que influenciam no *lead time* de sistemas de produção do setor metal-mecânico**, analise a estrutura dos fatores que influenciam no *lead time* e os resultados apresentados, a fim de verificar se os mesmos atendem ao objetivo exposto.

1. É possível verificar a convergência da estrutura dos fatores que influenciam o *lead time* com o objetivo geral da tese?

☒ (x) Sim

☐ () Não

☐ () Em parte

Justifique sua resposta. A tese aborda planejamento de demanda e sequenciamento de produção, dois fatores fundamentais na influencia do *lead time*.

2. Considerando o objetivo geral da tese você julga as conclusões encontradas uma informação relevante?

☐ () Sim

☐ () Não

☒ (x) Em parte

Justifique sua resposta. Na minha opinião planejamento, ERP ou planilhas eletrônicas são simples ferramentas de gestão. O resultado que elas proporcionam resulta do uso que é feito delas, ou seja, os conceitos básicos da administração: planejar, organizar, controlar, desenvolver pessoas, delegar, etc.

3. Considerando as conclusões apresentadas, é possível verificá-las na prática, ou seja, há conexão com a realidade empresarial?

☐ () Sim

☐ () Não

☒ (x) Em parte

Justifique sua resposta. Já trabalhei com as diversas situações: a) Planejamento e gestão por planilhas eletrônicas com *lead time* e acuracidade de entregas a níveis de primeiro mundo; b) Planejamento e

gestão via sistemas estruturados com lead time e acuracidade de entregas a níveis de levar a empresa a falência;

4. Caso você identifique algum fator que julgue significativo na determinação do *lead time* de sistemas produtivos metal-mecânico e que não foi contemplado nas conclusões apresentadas, favor identificar.

Na minha opinião tão importante como a realização do planejamento de demanda é o empenho para que o mesmo se torne realidade. O que se tem visto são empresas com excelente planejamento de demanda, que é jogado por terra, na primeira oscilação do mercado. Aceitam encomendas acima do planejado e até acima de sua capacidade.

5. Espaço livre para considerações gerais.

Acredito ser de extrema relevância estudos sobre o tema abordado nesta tese, pois lead time é um forte diferencial competitivo no concorrido mundo dos negócios.

Algumas empresas têm apostado nos estoques, imobilizando verdadeiras fortunas e são surpreendidas pela mudança de desejo dos consumidores; Outras aplicam sistemas informatizados e técnicas japonesa, as quais não fazem milagres, pois não passam de ferramentas;

Finalmente algumas fazem uma salada de tudo isso visando atender seus três grandes grupos de clientes: internos, externos e sociedade. O molho que tempera tal salada é a boa e velha gestão pregada por Taylor, Drucker, Deming e tantos outros que os seguiram.

A satisfação destes grupos determina o sucesso da empresa.

Agradeço sua atenção e colaboração e estou à disposição para maiores esclarecimentos!

GESTOR 7 – G7

O processo de legitimação de uma pesquisa significa estabelecer o aceite ou não da estrutura ou modelo propostos, sob aspectos práticos e teóricos, com base na análise do trabalho que se desenvolveu.

Questionário

Considerando-se o objetivo geral da tese: **Identificar e quantificar os fatores que influenciam no *lead time* de sistemas de produção do setor metal-mecânico**, analise a estrutura dos fatores que influenciam no *lead time* e os resultados apresentados, a fim de verificar se os mesmos atendem ao objetivo exposto.

1. É possível verificar a convergência da estrutura dos fatores que influenciam o *lead time* com o objetivo geral da tese?

(☒) Sim

(☐) Não

(☐) Em parte

Justifique sua resposta. Entendendo que todos demais pontos da estrutura foram analisados;

2. Considerando o objetivo geral da tese você julga as conclusões encontradas uma informação relevante?

(☐) Sim

(☐) Não

(☒) Em parte

Justifique sua resposta. Alguns pontos sugerem mais a necessidade de uma nova avaliação do que uma conclusão definitiva. Como no item 3.

3. Considerando as conclusões apresentadas, é possível verificá-las na prática, ou seja, há conexão com a realidade empresarial?

(☐) Sim

(☐) Não

(☒) Em parte

Justifique sua resposta. O mix de produtos, modelos de negócios e posicionamento de mercado de algumas empresas, gera comportamentos que não seguem padrões ou que possam vir a se repetir. O PCP e seus métodos devem ser tratados e avaliados de forma instantânea, impactando de forma expressiva nos fatores de influência do Lead Time.

4. Caso você identifique algum fator que julgue significativo na determinação do *lead time* de sistemas produtivos metal-mecânico e que não foi contemplado nas conclusões apresentadas, favor identificar.

Justificativa da pergunta 3.

5. Espaço livre para considerações gerais.

Importante, em minha opinião, mencionar análise e resultados dos fatores “descartados”.Boa sorte!

Agradeço sua atenção e colaboração e estou à disposição para maiores esclarecimentos!

GESTOR 8 – G8

O processo de legitimação de uma pesquisa significa estabelecer o aceite ou não da estrutura ou modelo propostos, sob aspectos práticos e teóricos, com base na análise do trabalho que se desenvolveu.

Questionário

Considerando-se o objetivo geral da tese: **Identificar e quantificar os fatores que influenciam no *lead time* de sistemas de produção do setor metal-mecânico**, analise a estrutura dos fatores que influenciam no *lead time* e os resultados apresentados, a fim de verificar se os mesmos atendem ao objetivo exposto.

1. É possível verificar a convergência da estrutura dos fatores que influenciam o *lead time* com o objetivo geral da tese?

(X) Sim () Não () Em parte

Justifique sua resposta. Notamos a relação direta e de grande influência no *lead time* dos 5 fatores relacionados como principais ainda que com contribuição menor de muitos dos demais fatores.

2. Considerando o objetivo geral da tese você julga as conclusões encontradas uma informação relevante?

(X) Sim () Não () Em parte

Justifique sua resposta. Com base nas conclusões apresentadas pretendemos rever alguns pontos chave para que possamos reduzir nosso *lead time* e consequentemente aumentar a rotatividade do estoque.

3. Considerando as conclusões apresentadas, é possível verificá-las na prática, ou seja, há conexão com a realidade empresarial?

(X) Sim () Não () Em parte

Justifique sua resposta. Com certeza. Fatores como o tempo de retrabalho muitas vezes passam despercebidos, principalmente quando o impacto é sobre o *lead time* dos produtos acabados. Outro fator que ajuda a reduzir o *lead time* e muitas vezes não é observado é a existência de planos estruturados para tratamento de exceções, ponto chave para uma grande redução de *lead time*.

4. Caso você identifique algum fator que julgue significativo na determinação do *lead time* de sistemas produtivos metal-mecânico e que não foi contemplado nas conclusões apresentadas, favor identificar.

Um ponto que observamos na nossa empresa como extremamente influente no lead time do produto, é a autonomia do setor comercial na fixação de prazos de entrega. Muitas vezes, para não perder a venda, o vendedor acaba emitindo um pedido com um prazo sabidamente inviável, e a produção acaba forçada a aceitar o pedido, mesmo que este fato cause um acréscimo no lead time de outros pedidos, com a finalidade de atender à urgência do cliente que está com uma máquina parada.

5. Espaço livre para considerações gerais.

Agradeço sua atenção e colaboração e estou à disposição para maiores esclarecimentos!

GESTOR 9 – G9

O processo de legitimação de uma pesquisa significa estabelecer o aceite ou não da estrutura ou modelo propostos, sob aspectos práticos e teóricos, com base na análise do trabalho que se desenvolveu.

Questionário

Considerando-se o objetivo geral da tese: **Identificar e quantificar os fatores que influenciam no *lead time* de sistemas de produção do setor metal-mecânico**, analise a estrutura dos fatores que influenciam no *lead time* e os resultados apresentados, a fim de verificar se os mesmos atendem ao objetivo exposto.

1. É possível verificar a convergência da estrutura dos fatores que influenciam o *lead time* com o objetivo geral da tese?

(x) Sim

() Não

() Em parte

Justifique sua resposta. Todos os pontos levantados na conclusão dos trabalhos da tese, deixam claro a existência de coerência.

2. Considerando o objetivo geral da tese você julga as conclusões encontradas uma informação relevante?

(x) Sim

() Não

() Em parte

Justifique sua resposta. São registros do que vivenciamos no dia a dia, porém tabulados de tal forma que nos auxilia a enxergar os problemas e possíveis ações para solução.

3. Considerando as conclusões apresentadas, é possível verificá-las na prática, ou seja, há conexão com a realidade empresarial?

(x) Sim

() Não

() Em parte

Justifique sua resposta. Totalmente, conforme relatado na questão 2, vivenciamos isto no dia a dia.

4. Caso você identifique algum fator que julgue significativo na determinação do *lead time* de sistemas produtivos metal-mecânico e que não foi contemplado nas conclusões apresentadas, favor identificar.

Um fator determinante no *lead time* e não apresentado na tese, é com relação a empresas do setor metal mecânico que não produzem de forma

seriada e sim sob encomenda, quanto maior for o nível de desenvolvimento ou exigência do cliente, maior será o lead time, devido todo tempo no amadurecimento do processo na engenharia de projetos e na execução do produto.

5. Espaço livre para considerações gerais.
Apenas parabenizo a pesquisadora pela tese realizada.

Agradeço sua atenção e colaboração e estou à disposição para maiores esclarecimentos!

GESTOR 10 – G10

O processo de legitimação de uma pesquisa significa estabelecer o aceite ou não da estrutura ou modelo propostos, sob aspectos práticos e teóricos, com base na análise do trabalho que se desenvolveu.

Questionário

Considerando-se o objetivo geral da tese: **Identificar e quantificar os fatores que influenciam no *lead time* de sistemas de produção do setor metal-mecânico**, analise a estrutura dos fatores que influenciam no *lead time* e os resultados apresentados, a fim de verificar se os mesmos atendem ao objetivo exposto.

1. É possível verificar a convergência da estrutura dos fatores que influenciam o *lead time* com o objetivo geral da tese?

(☒) Sim

(☐) Não

(☐) Em parte

Justifique sua resposta. Pois vi no relatório problemas corriqueiros e de nosso dia a dia!

2. Considerando o objetivo geral da tese você julga as conclusões encontradas uma informação relevante?

(☒) Sim

(☐) Não

(☐) Em parte

Justifique sua resposta.

3. Considerando as conclusões apresentadas, é possível verificá-las na prática, ou seja, há conexão com a realidade empresarial?

(☒) Sim

(☐) Não

(☐) Em parte

Justifique sua resposta. De modo que vemos isso em nosso dia de trabalho constante.

4. Caso você identifique algum fator que julgue significativo na determinação do *lead time* de sistemas produtivos metal-mecânico e que não foi contemplado nas conclusões apresentadas, favor identificar.

Temos no setor metal mecanico voltado a agricultura uma grande diversidade de sazonalidade de produtos, o que muitas vezes gera um grande deficit no lead time, por isso uma grande parcela das perdas de

produção podem ser alcançadas com uma logística planejada antecipadamente.

5. Espaço livre para considerações gerais.

Peço desculpas pelos erros de português, estou no meio do expediente e não tive tempo de corrigir, o Trabalho de forma simples mostra muitos pontos que temos que melhorar no nosso dia de trabalho, o que sempre temos que estar pensando no próximo dia, próxima semana, próximo mês, empresa como a nossa, hoje já estamos planejando a produção anual devido a estudos sobre a sazonalidade dos produtos que fabricamos.

Agradeço sua atenção e colaboração e estou à disposição para maiores esclarecimentos!

GESTOR 11 – G11

O processo de legitimação de uma pesquisa significa estabelecer o aceite ou não da estrutura ou modelo propostos, sob aspectos práticos e teóricos, com base na análise do trabalho que se desenvolveu.

Questionário

Considerando-se o objetivo geral da tese: **Identificar e quantificar os fatores que influenciam no *lead time* de sistemas de produção do setor metal-mecânico**, analise a estrutura dos fatores que influenciam no *lead time* e os resultados apresentados, a fim de verificar se os mesmos atendem ao objetivo exposto.

1. É possível verificar a convergência da estrutura dos fatores que influenciam o *lead time* com o objetivo geral da tese?

☒ (x) Sim

☐ () Não

☐ () Em parte

Justifique sua resposta: está bastante claro e de forma objetiva, a identificação dos fatores e suas justificativas, que influenciam o *lead time* de sistemas de produção do setor metal-mecânico, apresentados nesta tese. Analisando estes fatores, são pertinentes com o tema desta tese e na prática se mostram responsáveis pelo aumento ou diminuição do *lead time* de produção na grande maioria das empresas do setor metal-mecânico.

2. Considerando o objetivo geral da tese você julga as conclusões encontradas uma informação relevante?

☒ (x) Sim

☐ () Não

☒ (x) Em parte

Justifique sua resposta: Com certeza, as conclusões apresentadas relativas aos fatores que influenciam o *lead time* de produção, são pertinentes e relevantes, uma vez que na prática, uma grande parcela das empresas do setor metal-mecânico, não só da região Sul, mas do Brasil, possuem sérios problemas de *lead time*, muitas vezes tornando seu produto pouco competitivo, principalmente pelo fato de seus profissionais não “enxergarem” quais os reais fatores que afetam seu *lead time*. Fato que nesta tese, vê-se estes fatores muito bem definidos e justificados, portanto de grande relevância, pois podem nortear e

auxiliar as empresas do segmento a entender melhor seus processos produtivos e o que os afeta na questão lead time.

3. Considerando as conclusões apresentadas, é possível verificá-las na prática, ou seja, há conexão com a realidade empresarial?

(x) Sim

() Não

() Em parte

Justifique sua resposta: em parte já respondido na pergunta anterior, com certeza há uma grande afinidade com a realidade empresarial do setor metal-mecânico brasileiro, onde na maioria das situações não é feito uma análise profunda dos fatores que afetam o lead time produtivo, o que pode ser usado como uma base de informações e orientação, o conteúdo desta tese.

4. Caso você identifique algum fator que julgue significativo na determinação do *lead time* de sistemas produtivos metal-mecânico e que não foi contemplado nas conclusões apresentadas, favor identificar.

Sugestão: a falta total ou parcial de interação entre a área comercial e produtiva, leva a gerar grandes perdas produtivas e financeiras, pois em grande parte das empresas o comercial determina o ritmo produtivo, baseando unicamente na demanda e nas oscilações do mercado, sem utilizar ou sem dar a devida importância a ferramentas gerenciais, obtidas em sistemas corporativos (ERP), como capacidade produtiva, nível de estoques, etc.

5. Espaço livre para considerações gerais.

Agradeço sua atenção e colaboração e estou à disposição para maiores esclarecimentos!

GESTOR 12 – G12

O processo de legitimação de uma pesquisa significa estabelecer o aceite ou não da estrutura ou modelo propostos, sob aspectos práticos e teóricos, com base na análise do trabalho que se desenvolveu.

Questionário

Considerando-se o objetivo geral da tese: **Identificar e quantificar os fatores que influenciam no *lead time* de sistemas de produção do setor metal-mecânico**, analise a estrutura dos fatores que influenciam no *lead time* e os resultados apresentados, a fim de verificar se os mesmos atendem ao objetivo exposto.

1. É possível verificar a convergência da estrutura dos fatores que influenciam o *lead time* com o objetivo geral da tese?

(x) Sim () Não () Em parte

Justifique sua resposta. Os fatores estão claramente quantificados em tempo, baseado na sistemática da produção e nos recursos utilizados.

2. Considerando o objetivo geral da tese você julga as conclusões encontradas uma informação relevante?

(x) Sim () Não () Em parte

Justifique sua resposta. Pode ser utilizada como base de decisão entre optar por fazer um seqüenciamento manual ou investir num ERP por exemplo.

3. Considerando as conclusões apresentadas, é possível verificá-las na prática, ou seja, há conexão com a realidade empresarial?

(x) Sim () Não () Em parte

Justifique sua resposta. Na empresa em que trabalho por exemplo também não conseguimos fazer o seqüenciamento da produção e concordo com a colocação de que muitas vezes é devido a falta da convergência das informações para um melhor aproveitamento desta ferramenta.

4. Caso você identifique algum fator que julgue significativo na determinação do *lead time* de sistemas produtivos metal-mecânico e que não foi contemplado nas conclusões apresentadas, favor identificar.

Talvez vale a pena considerar a distância entre fornecedor x fábrica x cliente.

5. Espaço livre para considerações gerais.

Agradeço sua atenção e colaboração e estou à disposição para maiores esclarecimentos!

GESTOR 13 – G13

O processo de legitimação de uma pesquisa significa estabelecer o aceite ou não da estrutura ou modelo propostos, sob aspectos práticos e teóricos, com base na análise do trabalho que se desenvolveu.

Questionário

Considerando-se o objetivo geral da tese: **Identificar e quantificar os fatores que influenciam no *lead time* de sistemas de produção do setor metal-mecânico**, analise a estrutura dos fatores que influenciam no *lead time* e os resultados apresentados, a fim de verificar se os mesmos atendem ao objetivo exposto.

1. É possível verificar a convergência da estrutura dos fatores que influenciam o *lead time* com o objetivo geral da tese?

(☒) Sim (☐) Não (☐) Em parte

Justifique sua resposta.

2. Considerando o objetivo geral da tese você julga as conclusões encontradas uma informação relevante?

(☒) Sim (☐) Não (☐) Em parte

Justifique sua resposta. As informações são relevantes principalmente para demonstrar que as empresas que utilizam sistema de ERP diminuem o seu *lead time*.

3. Considerando as conclusões apresentadas, é possível verificá-las na prática, ou seja, há conexão com a realidade empresarial?

(☒) Sim (☐) Não (☐) Em parte

Justifique sua resposta. Sim é possível verificar as conexões com a realidade, está evidente.

4. Caso você identifique algum fator que julgue significativo na determinação do *lead time* de sistemas produtivos metal-mecânico e que não foi contemplado nas conclusões apresentadas, favor identificar.

5. Espaço livre para considerações gerais.

Agradeço sua atenção e colaboração e estou à disposição para maiores esclarecimentos!

GESTOR 14 – G14

O processo de legitimação de uma pesquisa significa estabelecer o aceite ou não da estrutura ou modelo propostos, sob aspectos práticos e teóricos, com base na análise do trabalho que se desenvolveu.

Questionário

Considerando-se o objetivo geral da tese: **Identificar e quantificar os fatores que influenciam no *lead time* de sistemas de produção do setor metal-mecânico**, analise a estrutura dos fatores que influenciam no *lead time* e os resultados apresentados, a fim de verificar se os mesmos atendem ao objetivo exposto.

1. É possível verificar a convergência da estrutura dos fatores que influenciam o *lead time* com o objetivo geral da tese?

(☒) Sim (☐) Não (☐) Em parte

Justifique sua resposta. Todos os fatores descritos estão ligados ao objetivo da tese.

2. Considerando o objetivo geral da tese você julga as conclusões encontradas uma informação relevante?

(☒) Sim (☐) Não (☐) Em parte

Justifique sua resposta. As informações geradas com a tese são muito importantes para a tomada de decisão na indústria, quebrando alguns paradigmas sobre planejamento de demanda e materiais críticos.

3. Considerando as conclusões apresentadas, é possível verificá-las na prática, ou seja, há conexão com a realidade empresarial?

(☐) Sim (☐) Não (☒) Em parte

Justifique sua resposta. Alguns dados são pouco relevantes em uma indústria sem ERP ou com produção puxada, onde o *lead time* depende muito mais da necessidade de colocar um produto disponível para venda.

4. Caso você identifique algum fator que julgue significativo na determinação do *lead time* de sistemas produtivos metal-mecânico e que não foi contemplado nas conclusões apresentadas, favor identificar.

Senti falta do controle de qualidade, que muitas vezes se torna um entrave na linha de produção ou na expedição de produtos.

5. Espaço livre para considerações gerais.

Agradeço sua atenção e colaboração e estou à disposição para maiores esclarecimentos!

ANEXOS

ANEXO A – CARACTERIZAÇÃO DOS ESPECIALISTAS

E1 – Ronaldo Lima de Cristo – possui graduação em Engenharia de Produção Civil pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (2006); Mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (2010) e atualmente é Doutorando em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina. É funcionário da Volvo. Atua principalmente nos seguintes temas: Balanceamento de Linha, Algoritmo Genético, Otimização.

E2 – Felipe Alberto Simas Donato – possui mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (2008). Atuou como Especialista de Supply Chain Management da Whirlpool S.A. - Unidade Embraco e em empresa de consultoria. Tem experiência na área de Engenharia de Produção, com ênfase em Gerência de Produção. Atuando principalmente nos seguintes temas: Planejamento Agregado da Produção, Sales and Operations Planning, Programação Linear.

E3 – Elton Voltolini – possui graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (1999) e mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (2003) e Doutorado em Engenharia de Produção pela mesma Universidade (2010). Atuou como funcionário da Tigre S.A. Tubos e Conexões e como professor titular da Faculdade Cenecista de Joinville e, atualmente é funcionário da Cremer. Tem experiência na área de Engenharia de Produção, com ênfase em Logística Empresarial. Atuando principalmente nos seguintes temas: cadeia de suprimentos, logística virtual, tecnologia de informação.